

**RELATÓRIO DE ATIVIDADE PROFISSIONAL**  
**Projetista de Sistemas de Hidráulica Urbana**

**ANA LÚCIA FERREIRA**

Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de  
**MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL — ESPECIALIZAÇÃO EM HIDRÁULICA**

---

Orientador: Professor Doutor Manuel Maria Pacheco Figueiredo

JUNHO DE 2015

## **MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA CIVIL 2012/2013**

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Tel. +351-22-508 1901

Fax +351-22-5081446

✉ [miiec@fe.up.pt](mailto:miiec@fe.up.pt)

*Editado por*

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

Rua Dr. Roberto Frias

4200-465 PORTO

Portugal

Tel. +351-22-508 1400

Fax +351-22-5081440

✉ [feup@fe.up.pt](mailto:feup@fe.up.pt)

🌐 <http://www.fe.up.pt>

Reproduções parciais deste documento serão autorizadas na condição que seja mencionado o Autor e feita referência a *Mestrado Integrado em Engenharia Civil - 2014/2015 - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2015.*

As opiniões e informações incluídas neste documento representam unicamente o ponto de vista do respetivo Autor, não podendo o Editor aceitar qualquer responsabilidade legal ou outra em relação a erros ou omissões que possam existir.

Este documento foi produzido a partir de versão eletrónica fornecida pelo respetivo Autor.

À minha família,  
aqueles que estão para além de todos os laços.

*O que sabemos é uma gota; o que ignoramos é um oceano.*

*Isaac Newton*





*1º A água faz parte do património do planeta. Cada continente, cada povo, cada região, cada cidade, cada cidadão é plenamente responsável aos olhos de todos.*

*2º A água é a seiva do nosso planeta. Ela é condição essencial de vida de todo o ser vegetal, animal ou humano. Sem ela não poderíamos conceber como são a atmosfera, o clima, a vegetação, a cultura ou a agricultura. O direito à água é um dos direitos fundamentais do ser humano: o direito à vida, tal qual é estipulado no art.º 30º da Declaração Universal dos Direitos Humanos.*

*3º Os recursos naturais de transformação da água em água potável são lentos, frágeis e muito limitados. Assim sendo a água deve ser utilizada com racionalidade, preocupação e parcimónia.*

*4º O equilíbrio e o futuro do nosso planeta dependem da preservação da água e dos seus ciclos. Estes devem permanecer intactos e funcionando normalmente, para garantir a continuidade da vida sobre a Terra. Este equilíbrio depende, em particular, da preservação dos mares e oceanos por onde os ciclos começam.*

*5º A água não é somente uma herança dos nossos predecessores, ela é sobretudo um empréstimo aos nossos sucessores. A sua proteção constitui uma necessidade vital, assim como uma obrigação moral do Homem para as gerações presentes e futuras.*

*6º A água não é uma doação gratuita da natureza, tem um valor económico: é preciso saber que ela é, algumas vezes, rara e dispendiosa e que pode muito bem escassear em qualquer região do mundo.*

*7º A água não deve ser desperdiçada, nem poluída, nem envenenada. Da maneira geral, a sua utilização deve ser feita com consciência e discernimento, para que não se chegue a uma situação de esgotamento ou de deterioração de qualidade das reservas actualmente disponíveis.*

*8º A utilização da água implica o respeito da lei. A sua proteção constitui uma obrigação jurídica para todo o homem ou o grupo social que a utiliza. Esta questão não deve ser ignorada nem pelo Homem nem pelo Estado.*

*9º A gestão da água impõe um equilíbrio entre os imperativos da sua proteção e as necessidades de ordem económica, sanitária e social.*

*10º O planeamento da gestão da água deve levar em conta a solidariedade e o consenso em função da sua distribuição desigual sobre a Terra.*

**In "Declaração Universal dos Direitos da Água",**

Organização das Nações Unidas (ONU)

22 de Março de 1992, instituído "Dia Mundial da Água",



## **AGRADECIMENTOS**

Em nota de agradecimento, não posso deixar de referir aqui algumas pessoas e entidades que muito contribuíram para o meu desenvolvimento pessoal e profissional.

Ao meu orientador, Professor Doutor Manuel Maria Pacheco Figueiredo pela disponibilidade, apoio e orientação no desenvolvimento do trabalho. Pelos momentos de aprazível conversa.

À Fase, Estudos e Projectos, pela oportunidade que me deu quando era ainda uma recente licenciada, pelo voto de confiança que tem demonstrado ao garantir a minha permanência na organização.

À minha equipa da Unidade de Negócios de Águas e Ambiente (UNA), à equipa de hidráulica da ATKINS que nos tem acompanhado em variadíssimas ocasiões desde longa data, e não menos importante à equipa de hidráulica da TPF/Planege/Prossistemas, que nos acompanhou no caminho para novos horizontes.

Ao engenheiro Lopes Coelho, colega, professor e amigo desde o meu primeiro dia de trabalho e por quem sinto um carinho muito especial.

À Méri, à Mégui e ao Pedro, pela sintonia de cada passo.

À minha família, pela educação e pelos valores que me transmitiram, pela forma como me ensinaram a ver o mundo, e sobretudo pelo amor e carinho demonstrado.



## RESUMO

O Saneamento Básico é uma condição *sine qua non* para a qualidade de vida das populações e para a manutenção saudável do meio ambiente.

É com este princípio que a autora tem vindo a desenvolver a sua atividades profissional, enquanto engenheira projetista de Sistemas de Hidráulica Urbana, a qual pretende descrever resumidamente ao longo deste relatório.

Como tal, este documento foi organizado por forma a, para além de referenciar alguns dos trabalhos desenvolvidos, dar também uma perspetiva geral do estado da arte, das filosofias de conceção seguidas e dos princípios de funcionamento dos sistemas, não esquecendo de enquadrar a temática do ponto de vista legal.

A autora, Ana Lúcia Ferreira, é licenciada em Engenharia Civil, com especialização em Hidráulica, Recursos Hídricos e Ambiente, pela Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, desde Junho de 2006, e desde então tem trabalhado na Unidade de Negócios de Águas e Ambiente da Fase, Estudos de Projectos. Trata-se de um departamento dedicado aos Projectos de Hidráulica Ambiental, como são o Abastecimento de Água e a Drenagem de Águas Residuais aqui descritos.

**PALAVRAS-CHAVE:** Hidráulica Urbana, Estudos e Projectos, Abastecimento de Água, Drenagem de Águas Residuais, Otimização de Sistemas.



## **ABSTRACT**

Sanitary systems are a sine qua non condition for the quality of living and the maintenance of an healthy environment.

It is with this principle that the author has developed her professional activity as Hydraulic Engineer specialized in the design of Urban Hydraulics Systems, that will be briefly described in this report.

This document was organized in order to reference some of the performed projects, as well as to give an overview of the state of the art, of the design philosophies and of the systems operating principles, not forgetting to fit the theme in an legal perspective.

The author, Ana Lucia Ferreira, has a degree in Civil Engineering, with specialization in Hydraulics, Water Resources and Environment taken in the Faculty of Engineering, of Oporto University, in June 2006.

Since that date she works in the Water and Environment Department of Fase, Estudos e Projectos. This department is dedicated to Environmental Hydraulics projects of Water Supply and Waste Water Drainage.

**KEYWORDS:** Urban Hydraulics, Studies and Projects, Water Supply, Waste Water Drainage, Systems Optimization.





## ÍNDICE DO TEXTO

<b>AGRADECIMENTOS</b> .....	v
<b>RESUMO</b> .....	vii
<b>ABSTRACT</b> .....	ix
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	1
1.1. ENQUADRAMENTO GERAL .....	1
1.2. OBJETIVOS A ATINGIR .....	1
1.3. ESTRUTURA DO RELATÓRIO .....	1
<b>2 ENQUADRAMENTO ACADÉMICO E PROFISSIONAL</b> .....	3
2.1. PERCURSO ACADÉMICO .....	3
2.1.1. LICENCIATURA EM ENGENHARIA CIVIL. OPÇÃO CONDICIONADA DE HIDRÁULICA .....	3
2.1.2. CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM ENGENHARIA URBANA. RAMO DE HIDRÁULICA AMBIENTAL E COMPLEMENTO EM INFRAESTRUTURAS VIÁRIAS .....	4
2.2. PERCURSO PROFISSIONAL .....	4
2.2.1. ÁREA DE PROJETO .....	5
2.2.1.1. De projetista estagiária a chefe de projeto. Área de Hidráulica e Ambiente .....	5
2.2.1.2. Coordenadora de Segurança e Saúde em fase de projeto .....	8
2.2.2. ÁREA DE FISCALIZAÇÃO .....	8
2.2.2.1. Chefe de Fiscalização. Infraestruturas Hidráulicas .....	9
<b>3 ORGANIZAÇÃO E DINÂMICA EMPRESARIAL</b> .....	11
3.1. O GRUPO FASE. FASE, ESTUDOS E PROJECTOS .....	11
3.1.1. ÁREAS DE INTERVENÇÃO .....	11
3.1.2. UNIDADE DE NEGÓCIOS DE ÁGUAS E AMBIENTE (UNA) .....	12
3.1.2.1. Apresentação Geral .....	12
3.1.2.2. Tipo de Serviços Prestados .....	13
3.1.2.3. Principais Clientes .....	14
3.1.2.4. Consórcios Envolvidos .....	15
3.2. ENQUADRAMENTO ORGANIZACIONAL E PROJECTOS ENVOLVIDOS .....	16

<b>4</b>	<b>ENGENHARIA DOS SISTEMAS DE HIDRÁULICA URBANA. ESTADO DA ARTE.....</b>	<b>17</b>
<b>4.1.</b>	<b>OS SISTEMAS DE SANEAMENTO BÁSICO EM PORTUGAL .....</b>	<b>17</b>
4.1.1.	O CONCEITO DE BASE. ENQUADRAMENTO GERAL.....	17
4.1.2.	DEFINIÇÃO, ABRANGÊNCIA E ESQUEMA GERAL DE FUNCIONAMENTO EM CADEIA .....	18
4.1.3.	ENQUADRAMENTO LEGAL E NORMATIVO .....	19
4.1.3.1.	Legislação .....	19
4.1.3.2.	Normas e Boas Práticas .....	20
<b>4.2.</b>	<b>CONCEÇÃO DOS SISTEMAS DE SANEAMENTO BÁSICO. ABORDAGEM TRADICIONAL .....</b>	<b>20</b>
4.2.1.	ASPETOS COMUNS A TODOS OS SISTEMAS .....	20
4.2.1.1.	Variáveis Principais .....	20
4.2.1.2.	Caracterização da População de Projeto.....	21
4.2.1.3.	Horizonte de Projeto.....	23
4.2.2.	SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA .....	24
4.2.2.1.	Capitações. Consumo diário por tipo de Consumidor .....	24
4.2.2.2.	Perdas e Fugas .....	25
4.2.2.3.	Consumos, Caudais e Fatores de Ponta .....	26
4.2.2.4.	Caudais de Dimensionamento .....	28
4.2.3.	SISTEMAS DE DRENAGEM DE ÁGUAS RESIDUAIS .....	28
4.2.3.1.	Aspetos Gerais.....	28
4.2.3.2.	Capitações Residuais. Volume efluente diário por tipo de Consumidor. Fatores de Afluência à Rede.....	28
4.2.3.3.	Caudais de Infiltração.....	28
4.2.3.4.	Caudais e Fatores de Ponta .....	29
4.2.3.5.	Caudais de Dimensionamento .....	30
<b>4.3.</b>	<b>CONCEÇÃO DOS SISTEMAS DE SANEAMENTO BÁSICO. ABORDAGEM OTIMIZADA .....</b>	<b>30</b>
4.3.1.	CARACTERIZAÇÃO, MODELAÇÃO E PREVISÃO DE SOLICITAÇÕES .....	30
4.3.1.1.	Fase de Conceção – projeção dos consumos a longo prazo .....	32
4.3.1.2.	Fase de Exploração – projeção dos consumos a curto prazo.....	32
4.3.2.	CARACTERIZAÇÃO DE BENEFÍCIOS E DE CUSTOS.....	33
4.3.3.	CONCEÇÃO E GESTÃO OTIMIZADAS DE SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA .....	34
4.3.3.1.	Conceção e Dimensionamento dos Sistemas .....	35
4.3.3.2.	Gestão Otimizada dos Sistemas.....	43
4.3.4.	CONCEÇÃO E GESTÃO OTIMIZADAS DE SISTEMAS DE DRENAGEM DE ÁGUAS RESIDUAIS .....	44

4.3.4.1.	Conceção Otimizada dos Sistemas.....	45
4.3.4.2.	Gestão Otimizada dos Sistemas.....	47
<b>5</b>	<b>ASPECTOS RELATIVOS A PROJECTOS DE ENGENHARIA URBANA. OBRAS PÚBLICAS.....</b>	<b>49</b>
<b>5.1.</b>	<b>PROJECTOS DE ENGENHARIA. OBRAS PÚBLICAS .....</b>	<b>49</b>
5.1.1.	FASE DE CONCURSO .....	49
5.1.2.	FASE DE PROJETO .....	50
<b>5.2.</b>	<b>ELABORAÇÃO DE UM PROJETO DE SANEAMENTO BÁSICO .....</b>	<b>50</b>
5.2.1.	PROGRAMA PRELIMINAR.....	51
5.2.2.	PROGRAMA BASE .....	58
5.2.3.	ESTUDO PRÉVIO .....	59
5.2.4.	ANTEPROJETO .....	62
5.2.5.	PROJETO DE EXECUÇÃO.....	62
5.2.6.	ASSISTÊNCIA TÉCNICA / ASSISTÊNCIA TÉCNICA ESPECIAL .....	66
<b>6</b>	<b>BREVE DESCRIÇÃO DOS TRABALHOS MAIS RELEVANTES DESENVOLVIDOS NA ÁREA DE HIDRAULICA E RECURSOS HIDRICOS.....</b>	<b>67</b>
<b>6.1.</b>	<b>SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA.....</b>	<b>67</b>
6.1.1.	ESTUDO E CONCEÇÃO DE SISTEMAS ADUTORES EM ALTA, DESENVOLVIDO EM CONTÍNUO PARA A ÁGUAS PÚBLICAS DO ALENTEJO (AGDA) .....	67
6.1.2.	PROJETO DE EXPANSÃO EM ODEMIRA - ADUÇÃO AO CERCAL - S. LUÍS .....	67
6.1.2.1.	Descrição Geral .....	67
6.1.2.2.	Aspetos Gerais da Conceção .....	68
6.1.2.3.	Caudais de Dimensionamento.....	68
6.1.2.4.	Listagem e Caracterização das Infraestruturas .....	72
6.1.3.	REMODELAÇÃO DO SISTEMA DO MONTE DA ROCHA I. ADUÇÃO A OURIQUE E EXPANSÃO EM OURIQUE & ADUÇÃO A CASTRO VERDE E EXPANSÃO EM CASTRO VERDE .....	75
6.1.3.1.	Descrição Geral .....	75
6.1.3.2.	Aspetos Gerais da Conceção .....	76
6.1.3.3.	Caudais de Dimensionamento.....	77
6.1.3.4.	Configuração Global do Sistema de Remodelação do Monte da Rocha I .....	77
6.1.3.5.	Listagem e Caracterização das Infraestruturas .....	78

6.1.3.6.	Outros Aspetos Pertinentes. Reformulação do Sistema de Sete e Santa Bárbara com integração de infraestruturas existentes .....	79
6.1.4.	REMODELAÇÃO DO SISTEMA DO MONTE DA ROCHA II. ADUÇÃO A ALMODÔVAR E EXPANSÃO EM ODEMIRA .....	82
6.1.4.1.	Descrição Geral.....	82
6.1.4.2.	Aspetos Gerais da Conceção .....	83
6.1.4.3.	Caudais de Dimensionamento .....	84
6.1.4.4.	Configuração Global do Sistema Adutor de Expansão em Odemira.....	84
6.1.4.5.	Listagem e Caracterização das Infraestruturas .....	85
6.1.5.	PROJECTOS DOS SUBSISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DE CORUCHE / VALVERDE, FAJARDA E MONTINHOS / ZONA INDUSTRIAL DE MONTE DA BARCA .....	87
6.1.5.1.	Descrição Geral.....	87
6.1.5.2.	Aspetos Gerais da Conceção .....	87
6.1.5.3.	Caudais de Dimensionamento .....	87
6.1.5.4.	Configuração Geral dos Subsistemas.....	88
6.1.5.5.	Listagem e Caracterização das Infraestruturas .....	93
<b>6.2.</b>	<b>REDES DE DRENAGEM DE ÁGUAS RESIDUAIS .....</b>	<b>95</b>
6.2.1.	EMPREITADA DE EXECUÇÃO DAS REDES DE DRENAGEM DO CONCELHO DE SESIMBRA – LOTES POENTE E NASCENTE. SISTEMA ZAMBUJAL / AIANA E AGUNCHEIRA / FORNOS / FETAIS .....	95
6.2.1.1.	Descrição Geral.....	95
6.2.1.2.	Caudais de Dimensionamento .....	96
6.2.1.3.	Configuração Global do Sistema de Drenagem .....	96
6.2.1.4.	Listagem e Caracterização das Infraestruturas .....	98
6.2.2.	PROJETO DE INFRAESTRUTURAS “EM BAIXA” DOS CONCELHOS DE OURÉM E PORTO DE MÓS – LOTES G E F .....	99
6.2.2.1.	Descrição Geral.....	99
6.2.2.2.	Caudais de Dimensionamento .....	100
6.2.2.3.	Configuração Global do Sistema de Drenagem .....	100
6.2.2.4.	Listagem e Caracterização das Infraestruturas .....	101
6.2.3.	EMPREITADA DE EXECUÇÃO DAS REDES DE DRENAGEM DE ÁGUAS RESIDUAIS DA PARTE SUL DA FREGUESIA DE TORRES DO MONDEGO – CARVALHOSAS, PALHEIROS E ZORRO .....	102
6.2.3.1.	Descrição Geral.....	102
6.2.3.2.	Caudais de Dimensionamento .....	103
6.2.3.3.	Configuração Global do Sistema de Drenagem .....	103
6.2.3.4.	Listagem e Caracterização das Infraestruturas .....	104

<b>6.3.</b>	<b>METODOLOGIAS DE CONCEÇÃO DE ALGUMAS INFRAESTRUTURAS. LAYOUT DESENVOLVIDO .....</b>	<b>105</b>
6.3.1.	INFRAESTRUTURAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA .....	105
6.3.1.1.	Conduas Adutoras .....	105
6.3.1.2.	Reservatórios .....	111
6.3.1.3.	Estações Elevatórias .....	117
6.3.2.	INFRAESTRUTURAS DE DRENAGEM DE ÁGUAS RESIDUAIS.....	123
6.3.2.1.	Redes de Drenagem e Emissários .....	123
6.3.2.2.	Sistemas Elevatórios .....	128
<b>7</b>	<b>REFLEXÃO CRÍTICA.....</b>	<b>133</b>



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 – Distribuição Geográfica dos Principais Projectos .....	5
Figura 2.2 – Distribuição Geográfica dos Principais Projectos de Abastecimento de Água, por Concelho .....	7
Figura 2.3 – Distribuição Geográfica dos Principais Projectos de Drenagem de Águas Residuais, por Concelho .....	7
Figura 2.4 – Distribuição Geográfica dos Principais Trabalhos fora da Área de Projeto.....	9
Figura 3.1 – Organograma da Empresa Fase, Estudos e Projectos .....	12
Figura 4.1 – Cadeia de valor do sector de serviços de águas (adaptado do RASARP, 2012). Sistemas de Abastecimento de Água para Consumo Humano.....	18
Figura 4.2 – Cadeia de valor do sector de serviços de águas (adaptado do RASARP, 2012). Sistemas de Drenagem de Água Residuais .....	19
Figura 5.1 – Extrato do Google Earth e da Carta Militar de zonas interessadas aos projetos desenvolvidos – Zonas de Milfontes / Cercal e Cinfães, prospectivamente (Fonte: FASE).....	52
Figura 5.2 – Gráfico da evolução populacional e projeção para o HP, zona interessada ao projeto da ETAR de Câmara de Lobos e para o Concelho de Coimbra (Fonte: Consórcio FASE/NORÁQUA e FASE) .....	53
Figura 5.3 – Séries de Medição retiradas das campanhas de medição efetuadas em Vieira do Minho, no âmbito do “Plano de Minimização de Perdas de água, nos Concelhos de Fafe, Póvoa de Lanhoso e Vieira do Minho” (Fonte: Consórcio AMBIO/ATKINS/FASE) .....	54
Figura 5.4 – Exemplo de um estudo de traçado. Plantas de trabalho elaboradas no âmbito do “Projeto das Redes de Drenagem do Concelho de Sesimbra – Lote Poente” (Fonte: FASE).....	55
Figura 5.5 – Fotografias tiradas ao longo de várias visitas de campo. Vários projetos (Fonte: FASE) .....	56
Figura 5.6 – Rede Natura 2000, mapa digital interativo (retirado de <a href="http://natura2000.eea.europa.eu/">http://natura2000.eea.europa.eu/</a> ) .....	58
Figura 5.7 – Esqueleto de duas Soluções Alternativas estudadas em fase de Estudo Prévio para do “Sistema Adutor de Expansão em Odemira” (MRII) (Fonte ATKINS).....	60
Figura 5.8 – Definição de Soluções Alternativas para reservatórios (ex: RR Elevado de Castanheira e RR apoiado e hidropressora de Colmeal da Torre, retirados do “Projeto de Resolução de Condicionantes ao Abastecimento de Água (Alta-Baixa) – Lote I”(Fonte: FASE).....	61
Figura 5.9 – Exemplos de Modelação Hidráulica. Ambiente EPANET de uma rede “em baixa” e Modelação do Decaimento de Cloro no “Sistema Adutor de Adução e Expansão a Castro Verde” (Fonte: Consórcio ATKINS/FASE) .....	64
Figura 5.10 – Exemplos de Pormenorização para Projeto de Execução (Fonte: FASE) .....	65
Figura 6.1 – Esquema Geral do Sistema Adutor de Adução ao Cercal. Solução Aprovada correspondente à Solução Alternativa desenvolvida em sede de Estudo Prévio (Fonte: FASE) .....	71
Figura 6.2 – Esquema Geral do Sistema Adutor a desenvolver para a Fase 1. Adução a S. Luís (Fonte: FASE).....	72
Figura 6.3 – Remodelação do Sistema do Monte da Rocha (fonte: AgdA).....	75
Figura 6.4 – Esquema Geral do Sistema Adutor de “Remodelação do Sistema do Monte da Rocha – Adução a Ourique e Expansão em Ourique; Adução a Castro Verde e Expansão em Castro Verde” (fonte: Consórcio ATKINS/FASE) .....	78

Figura 6.5 - Esquema Geral da Intervenção em Santa Bárbara e Sete (Fonte: Consórcio ATKINS/FASE) .....	81
Figura 6.6 – Esquismo do esquema geral de funcionamento do subsistema Sete / Santa Bárbara de Padrões (Fonte: Consórcio ATKINS/FASE).....	81
Figura 6.7 - Esquema Geral do Sistema Adutor de Expansão em Odemira. Solução Alternativa 1, correspondendo à 1.ª versão de PE desenvolvido em 2013 (Fonte: ATKINS).....	82
Figura 6.8 - Esquema Geral do Sistema Adutor de Expansão em Odemira. Solução Alternativa 2, correspondendo à 2.ª versão de PE desenvolvido em 2014/15 (Fonte: ATKINS).....	83
Figura 6.9 – Esquema de funcionamento Subsistema de Abastecimento de Água de Coruche/Valverde (Fonte: Consórcio ATKINS/FASE) .....	89
Figura 6.10 – Esquema de funcionamento Subsistema de Abastecimento de Água de Fajarda (Fonte: Consórcio ATKINS/FASE) .....	91
Figura 6.11 – Esquema de funcionamento Subsistema de Abastecimento de Água de Montinhos / ZI Monte da Barca (Fonte: Consórcio ATKINS/FASE).....	92
Figura 6.12 – Esquema das Bacias de Drenagem concebidas no âmbito do “Projeto das redes de drenagem do concelho de Sesimbra - Lote Poente” (Fonte: Consórcio AMBIO/FASE).....	96
Figura 6.13 – Esquema das Bacias de Drenagem para o Lote G – Ourém e Lote F – Porto de Mós (Fonte: FASE).....	100
Figura 6.14 – Esquema das Bacias de Drenagem para as três povoações – Carvalhosas, Palheiros e Zorro (Fonte: FASE) .....	103
Figura 6.15 – <i>Layout</i> de um quadro de cálculo de uma conduta adutora do “Subsistema de Coruche / Valverde” – Adutora de Valverde (Fonte: FASE) .....	108
Figura 6.16 – <i>Layout</i> de um gráfico de andamento das piezométricas de uma conduta adutora do “Subsistema de Coruche / Valverde” – Adutora de Valverde (Fonte: FASE) .....	109
Figura 6.17 – <i>Layout</i> de um desenho de traçado – Planta e Perfil Longitudinal de uma conduta adutora do “Subsistema de Coruche / Valverde” – Adutora de Valverde (Fonte: FASE).....	110
Figura 6.18 – <i>Layout</i> de órgão acessórios – seccionamentos, descargas e ventosas, de uma conduta adutora do “Subsistema de Coruche / Valverde” – Adutora de Valverde (Fonte: FASE).....	111
Figura 6.19 – <i>Layout</i> alternativos para vários tipos de reservatórios. Projectos variados desenvolvidos para diferentes clientes do Grupo AdP – AdZC, AgdA, AdDP, etc. (Fonte: FASE).....	114
Figura 6.20 – <i>Curvas de Dimensionamento de Reservatórios, em função do Tipo de Adução</i> (Fonte: Documentação de Apoio do Instituto Superior Técnico, retirada de <a href="http://slideplayer.com.br/slide/1736989/">http://slideplayer.com.br/slide/1736989/</a> , em 12/06/2015).....	115
Figura 6.21 – <i>Layout</i> alternativos para vários tipos de estações elevatórias de água potável. Projectos variados desenvolvidos para diferentes clientes do Grupo AdP – AdZC, AgdA, AdDP, etc. (Fonte: FASE) .....	119
Figura 6.22 – Curvas características da instalação / sistema elevatório .....	120
Figura 6.23 – Fluxograma de escolha de uma bomba, segundo Leite (2002).....	121
Figura 6.24 – <i>Layout</i> de um quadro de cálculo de um troço de rede de drenagem de águas residuais do “Projeto das Redes de Drenagem da Parte Sul da Freguesia de Torres do Mondego – Carvalhosas, Palheiros e Zorro (Fonte: FASE) .....	126
Figura 6.25 – <i>Layout</i> de um desenho de traçado – Planta e Perfis Longitudinais de uma rede de drenagem de águas residuais do Projeto “Redes de Drenagem do Concelho de Sesimbra – Lote Poente” (Fonte: FASE) .....	127
Figura 6.26 – <i>Layout</i> de um pormenor tipo de câmara de visita. (Fonte: FASE).....	128



Figura 6.27 – <i>Layout</i> alternativos para vários tipos de estações elevatórias de águas residuais. Projectos variados desenvolvidos para diferentes clientes do Grupo AdP – SIMARSUL, AdZC, SIMRIA, etc. (Fonte: FASE) .....	129
Figura 6.28 – <i>Quadro de cálculo, quadro de características e layout associado para uma EE do tipo compacto</i> . “Projeto das Redes de Drenagem do Concelho de Sesimbra - Lote Poente” (Fonte: Consórcio AMBIO/FASE) .....	130
Figura 6.29 – Exemplo de um <i>layout</i> de uma instalação de pré-tratamento. “Projeto de Remodelação da EE IS11. Obra de Entrada” (Fonte: FASE) .....	131



**ÍNDICE DE QUADROS**

Quadro 1.1 – Estrutura do Corpo do Relatório .....	2
Quadro 4.1 – Capitações segundo a AdP (adaptado de DT AdP 01.03) .....	24
Quadro 5.1 – Aspetos a levar em consideração em fase de Programa Preliminar, de acordo com a Portaria n.º 701-H/2008 de 29 de Julho .....	51
Quadro 5.2 – Aspetos a levar em consideração em fase de Programa Base, de acordo com a Portaria n.º 701-H/2008 de 29 de Julho .....	59
Quadro 5.3 – Aspetos a levar em consideração em fase de Estudo Prévio, de acordo com a Portaria n.º 701-H/2008 de 29 de Julho .....	60
Quadro 5.4 – Aspetos a levar em consideração em fase de Anteprojeto, de acordo com a Portaria n.º 701-H/2008 de 29 de Julho .....	62
Quadro 5.5 – Aspetos a levar em consideração em fase de Projeto de Execução, de acordo com a Portaria n.º 701-H/2008 de 29 de Julho .....	63
Quadro 5.6 – Aspetos a levar em consideração em fase de Projeto de Execução, de acordo com a Portaria n.º 701-H/2008 de 29 de Julho .....	66
Quadro 6.1 – Infraestruturas estudadas no âmbito do “Projeto de Expansão em Odemira - Adução ao Cercal” (Fonte: FASE) .....	73
Quadro 6.2 – Infraestruturas estudadas no âmbito do Projeto de Remodelação do Monte da Rocha (Fonte: Consórcio ATKINS / FASE) .....	78
Quadro 6.3 – Infraestruturas estudadas no âmbito do Projeto de Remodelação do Monte da Rocha. Expansão em Odemira (Fonte: ATKINS) .....	85
Quadro 6.4 – Caracterização de Infraestruturas de Reserva e Caudais de Projeto estudados no âmbito dos “Projectos de Execução dos Subsistemas de Abastecimento de Água Coruche / Valverde, Fajarda e Montinhos / Zona Industrial de Monte da Barca” (Fonte: Consórcio ATKINS/FASE) .....	93
Quadro 6.5 – Caracterização da Rede de Adução prevista nos “Projectos de Execução dos Subsistemas de Abastecimento de Água Coruche / Valverde, Fajarda e Montinhos / Zona Industrial de Monte da Barca” (Fonte: Consórcio ATKINS/FASE) .....	94
Quadro 6.6 – Infraestruturas estudadas no âmbito do “Projeto das Redes de Drenagem do Concelho de Sesimbra - Lote Poente” (Fonte: Consórcio AMBIO/FASE) .....	98
Quadro 6.7 – Infraestruturas estudadas no âmbito do “Projeto das Infraestruturas “em baixa” dos Concelhos de Ourém e Porto de Mós – Lotes G e F” (Fonte: FASE) .....	101
Quadro 6.8 – Infraestruturas estudadas no âmbito do “Projeto das Redes de Drenagem de Águas Residuais da Parte Sul da Freguesia de Torres do Mondego – Carvalhosas, Palheiros e Zorro” (Fonte: FASE) .....	104



## **SÍMBOLOS, ACRÓNIMOS E ABREVIATURAS**

FEUP – Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

UM – Universidade do Minho

ISEP – Instituto Superior de Engenharia do Porto

UNA – Unidade de Negócios de Águas e Ambiente (FASE)

AdP – Águas de Portugal

OMS – Organização Mundial de Saúde

Regulamento - Regulamento Geral de Saneamento Básico, Decreto-Regulamentar nº 23/95 de 23 de Agosto de 1995

CCP - Código de Contratações Públicas - Portaria n.º 701-H/2008 de 29 de Julho

DO – Dono de Obra

PE – Projeto de Execução

EP – Estudo Prévio

P – população de projeto

HP – Horizonte de Projeto

C – Capitação

fp – facto de ponta

AA – Abastecimento de Água

DAR – Drenagem de Águas Residuais

RR – Reservatório

EE – Estação Elevatória

GEB – Grupos Eletrobomba

ETA – Estação de Tratamento de Água

ETAR – Estação de Tratamento de Águas Residuais



# 1

## INTRODUÇÃO

### 1.1. ENQUADRAMENTO GERAL

O presente relatório tem enquadramento académico no âmbito do “**Regulamento da FEUP para Atribuição do Grau de Mestre a Licenciados anteriores ao Processo de Bolonha**”, aprovado em Conselho Pedagógico a 2012/02/15, e em Conselho Científico a 2012/04/09.

De acordo com o referido regulamento, é seu objetivo “*permitir a implementação, na FEUP, da recomendação do CRUP de 8 de Janeiro de 2011 referente à possibilidade de obtenção do grau de Mestre pelos licenciados ao abrigo do sistema de graus anterior ao Processo de Bolonha.*” Este regulamento “*aplica-se a candidatos que tenham mais de 5 anos de experiência profissional relevante na área em que desejam obter o grau...*”.

Cumprindo a candidata os requisitos académicos e profissionais necessários, destina-se o presente relatório a demonstrar a atividades profissional desenvolvida ao longo dos últimos oito anos, por forma a obter o Grau de Mestre em Engenharia Civil, Ramo de Hidráulica, pela Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

### 1.2. OBJETIVOS A ATINGIR

O objetivo do presente relatório é o da descrição detalhada da atividades profissional da candidata, Ana Lúcia Ferreira, focando-se nos trabalhos que mais contribuíram para o seu desenvolvimento e crescimento profissional, bem como nos aspetos mais específicos que muito contribuíram para aumentar e cimentar os conhecimentos técnicos obtidos no decorrer do percurso académico.

### 1.3. ESTRUTURA DO RELATÓRIO

O presente relatório encontra-se estruturado em seis capítulos, organizados tal como consta do Quadro 1.1.

No Capítulo 1 é feita uma descrição sumária do objetivo e enquadramento do presente relatório, bem como a descrição e justificação da sua estrutura.

Dada a cada vez maior importância da atualização da formação e, sendo este um documento de âmbito académico, com incidência sobre a atividades profissional, considerou-se importante apresentar o enquadramento académico e profissional da autora, elementos que constam dos Capítulos 2 e 3, respetivamente.

No Capítulo 4, procede-se a uma apresentação geral das filosofias seguidas no âmbito da atividades profissional mais relevante exercida pela autora. Designou-se este capítulo como Estado da Arte, com o objetivo de fazer uma descrição geral dos procedimentos técnicos gerais, primeiro segundo a abordagem tradicional, e posteriormente seguindo uma abordagem mais integrada, dando ênfase a aspetos que ganham vida na gestão atual da Exploração dos Sistemas de Saneamento Básico.

Finalmente, no Capítulo 6, apresenta-se uma descrição geral dos principais projetos desenvolvidos, pontuados por descrições mais detalhadas de instalações que pelas suas especificidades se creem relevantes para o contexto deste relatório.

O presente relatório termina com uma reflexão crítica sobre contexto profissional da autora, constante do Capítulo 7.

Quadro 1.1 – Estrutura do Corpo do Relatório

<b>Relatório de Atividade Profissional: Projetista de Sistemas de Hidráulica Urbana</b>
Capítulo 1 – Introdução
Capítulo 2 – Enquadramento Académico e Profissional
Capítulo 3 – Organização e Dinâmica Empresarial
Capítulo 4 – Engenharia dos Sistemas de Hidráulica Urbana. Estado da Arte
Capítulo 5 – Aspetos Relativos a Projectos de Engenharia Urbana. Obras Públicas
Capítulo 6 – Trabalho Desenvolvido na Área de Hidráulica e Recursos Hídricos
Capítulo 7 – Reflexão Crítica



# 2

## ENQUADRAMENTO ACADÉMICO E PROFISSIONAL

### 2.1. PERCURSO ACADÉMICO

No decorrer do meu percurso académico, tive a oportunidade de diversificar os meus conhecimentos, usufruindo dos ensinamentos de várias escolas.

O meu percurso universitário iniciou-se no Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP), uma escola de âmbito mais prático, cujo plano de estudos é desenhado para desenvolver competências transversais ao nível de projeto, coordenação, fiscalização e controlo de qualidade.

Em 2004, concluído o grau de Bacharelato em Engenharia Civil, ingressei na Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP), onde concluí o grau de Licenciatura em Engenharia Civil – Opção Condicionada de Hidráulica.

Nesta Instituição, tive oportunidade de aprofundar e diversificar conhecimentos, uma vez que se trata de uma formação de base sólida e cujo plano de estudos inclui um conteúdo científico rico.

Concluída a licenciatura, dei início ao meu percurso profissional, tendo integrado os quadros da empresa Tecnus Ambiente, como projetista de hidráulica.

Posteriormente, já inserida no mundo do trabalho, passei pela Universidade do Minho (UM), onde tirei o Curso de Especialização em Engenharia Humana, curso esse que me abriu o caminho para uma nova vertente profissional, o da coordenação de segurança e saúde em projeto.

O meu percurso profissional levou-me a procurar aprofundar os meus conhecimentos de Hidráulica Urbana, focados no tratamento de águas e águas residuais, tendo-me conduzido novamente à UM, desta feita para frequentar o Curso de Mestrado em Engenharia Urbana – Ramo de Hidráulica Ambiental.

#### 2.1.1. LICENCIATURA EM ENGENHARIA CIVIL. OPÇÃO CONDICIONADA DE HIDRÁULICA

Concluída em Junho de 2006, foi a Licenciatura em Engenharia Civil – Especialização em Hidráulica e Recursos Hídricos, ministrada pela FEUP, que constituiu o pilar central do meu percurso profissional.

O Plano de Estudos frequentado, específico para bacharéis, compreendia uma componente geral de engenharia, aprofundando áreas nucleares e uma componente específica da Especialização em Hidráulica e Recursos Hídricos, já adaptada ao processo de Bolonha, que viria a ser definitivamente implementado no ano curricular seguinte.

A Opção Condicionada de Hidráulica incluía unidades curriculares como Hidráulica Urbana e Ambiental, Hidrologia e Recursos Hídricos, Aproveitamentos Hidráulicos e Obras Fluviais, Trabalhos Marítimos, Sistemas de Abastecimento de Água e Sistemas de Drenagem Urbana, Seminário e Projeto Hidráulica.

O Seminário de Hidráulica foi desenvolvido no âmbito da parceria FEUP / EDP Engenharia, com o tema “Adaptação do troço final da ribeira da Vilariça para habitat alternativo de compensação para a ictiofauna do rio Sabor”.

O Projeto em Hidráulica foi desenvolvido no âmbito da parceria FEUP / Instituto de Recursos Hídricos / Porto de Leixões, com o tema “Projeto de Expansão da Marina do Porto de Leixões”.

#### 2.1.2. CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM ENGENHARIA URBANA. RAMO DE HIDRÁULICA AMBIENTAL E COMPLEMENTO EM INFRAESTRUTURAS VIÁRIAS

Como complemento à minha formação de base, em 2010 iniciei o Curso de Especialização em Engenharia Urbana, onde concluí a especialização no Ramo de Hidráulica Ambiental.

O Curso de Especialização em Engenharia Urbana – Hidráulica Ambiental, da UM, conta também com unidades curriculares de âmbito geral, como Avaliação de Empreendimentos, Sistemas de Informação Geográfica, Urbanística e Planeamento Urbano, e com unidades curriculares de âmbito específico, como Gestão de Meios Hídricos, Gestão de Infraestruturas de Águas e Resíduos, Tratamento de Água e Tratamento de Águas Residuais, que se revelaram um bom complemento à minha formação de base.

Paralelamente, optei por frequentar também outras unidades curriculares que, embora incluídas na opção de Vias de Comunicação, estão diretamente interligadas com a minha atividades profissional, nomeadamente, Dimensionamento e Construção de Pavimentos de Vias Urbanas e Valas: Conceção-Segurança, Construção e Controlo de Qualidade.

## 2.2. PERCURSO PROFISSIONAL

Embora grande parte do meu percurso profissional se tenha desenvolvido na empresa Fase, Estudos e Projectos (FASE), e a minha ocupação predominante tenha sido como projetista de infraestruturas de hidráulica urbana, para além desta, ao longo dos últimos anos, tive a oportunidade de experienciar diferentes áreas de trabalho, nomeadamente na gestão e fiscalização de obras, também estas ligadas a infraestruturas hidráulicas.

Esta dualidade, similar ao meu percurso académico, tem-se revelado uma grande maior valia para o desempenho de qualquer das funções. A intrusão entre os conhecimentos adquiridos enquanto projetista, aliados ao conhecimento do “modo de execução” contribui, indubitavelmente para o melhor desempenho de ambas as tarefas.

Não posso também deixar de referir o grande privilégio que tem vindo a ser para mim, conhecer melhor a realidade do meu país, graças à minha profissão.

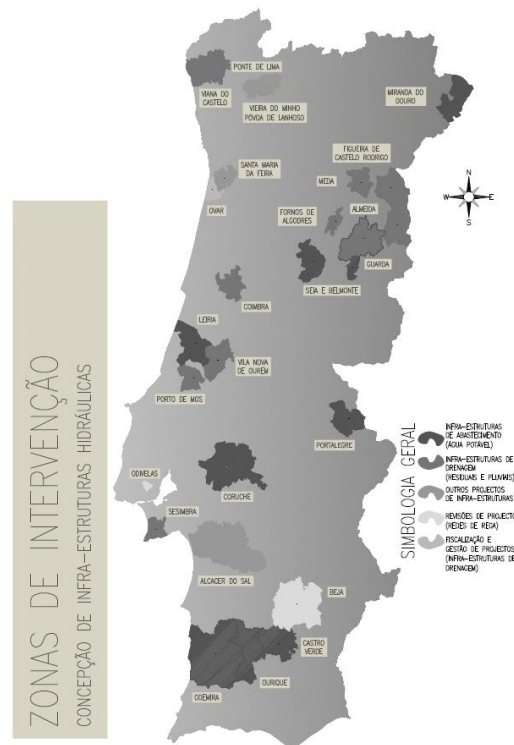


Figura 2.1 – Distribuição Geográfica dos Principais Projectos

### 2.2.1. ÁREA DE PROJETO

Como já referi, desde a conclusão da minha formação de base, que integrei uma equipa de engenharia multidisciplinar, dedicada fundamentalmente à conceção de Sistemas de Abastecimento e Drenagem e à consultoria ambiental.

#### 2.2.1.1. De projetista estagiária a chefe de projeto. Área de Hidráulica e Ambiente

Ao longo dos últimos anos, mais concretamente desde Outubro de 2006, que tenho vindo a colaborar com a equipa de projeto da Unidade de Negócios de Águas e Ambiente (UNA), equipa essa que integra os recursos humanos da incorporada Tecnus Ambiente (ex-Tecnus Salubridade, doravante designada apenas por TECNUS), uma equipa de grande maturidade e tradição em Projectos de Hidráulica Urbana.

A evolução das funções a desempenhar/desempenhadas foi sempre gradual e sustentada, pelo apoio constante da equipa e em particular da pessoa do engenheiro Lopes Coelho, com quem muito aprendi e estou certa de que irei continuar a aprender.

Também no que diz respeito às competências sociais e humanas, à otimização de metodologias de trabalho, à versatilidade técnica, à capacidade de trabalhar em equipa e de juntar sinergias a UNA tem sido uma escola.

Do ponto de vista puramente técnico da engenharia hidráulica, no decorrer deste período, tive oportunidade de desenvolver trabalhos em diversas tipologias de infraestruturas, nomeadamente:

- **Sistemas de Abastecimento de Água “em alta”.** Desde a conceção do sistema adutor, até ao dimensionamento e pormenorização das diversas infraestruturas – condutas adutoras, reservatórios e estações elevatórias.
- **Sistemas de Drenagem de Águas Residuais “em alta”.** Igualmente desde a conceção até ao dimensionamento e pormenorização das diversas infraestruturas – emissários e interceptores, bem como sistemas elevatórios, frequentemente dotados de órgãos de tratamento preliminar.
- Redes de Distribuição de Água “em baixa”.
- Redes de Drenagem de Águas Residuais “em baixa”.
- Redes de Drenagem de Águas Pluviais.
- Intervenções em Instalações de Tratamento de Água e Águas Residuais.
- Intervenções de Requalificação Ambiental de Cursos de Água.
- Intervenções de Urbanismo, nomeadamente em Vias de Comunicação.

Dos projetos em que estive mais diretamente envolvida, destacam-se tanto pela sua especificidade como pelo meu próprio envolvimento, os constantes das imagens seguintes:

**Projectos de abastecimento “em alta”, para o Grupo AdP, enquanto chefe de projeto:**

- Sistema Adutor de Expansão em Odemira – Adução ao Cercal, para a Águas Públicas do Alentejo (AgdA), com início em Novembro de 2013 e em assistência técnica.
- Projeto de Execução de Remodelação do Sistema de Monte da Rocha – Adução e Expansão a Almodôvar e Expansão em Odemira, para a AgdA, com início em Dezembro de 2013 e em assistência técnica.
- Projeto Resolução das Condicionantes ao Abastecimento de Água (Alta-Baixa) – LOTE 1, para a Águas do Zêzere e Côa (AdZC);
- Projeto de Execução da Remodelação do Sistema de Monte da Rocha – Adução e Expansão a Castro Verde, para a AgdA, com início em Dezembro de 2009 e em assistência técnica.

**Projectos de Drenagem de Águas Residuais e Pluviais, para o Grupo AdP, enquanto chefe de projeto:**

- Projeto de Execução de Infraestruturas “em Baixa” do Concelho de Sesimbra – Lote Poente e Nascente, para a SIMARSUL, com início em Abril de 2009 e em assistência técnica.
- Infraestruturas em “Baixa” dos concelhos de Porto de Mós e Ourém (Lotes F e G), para a SIMLIS, com início em Maio de 2008 e em assistência técnica.
- Projectos de Execução das Extensões de Rede de Saneamento de Águas Residuais em Baixa da Guarda (Lote 2), para a AdZC, com início em Novembro de 2010 e em assistência técnica.
- Projeto das Ligações Técnicas de Saneamento dos concelhos de Almeida, Figueira de Castelo Rodrigo e Meda, para a AdZC, com início em Novembro de 2009 e em assistência técnica.

### Outros Projectos de Hidráulica, enquanto chefe de projeto:

- Projectos de Execução de Açude no Rio Uíma junto às Caldas de S. Jorge (Enc. FASE 37071), para a Câmara Municipal de Santa Maria da Feira, desde Fevereiro de 2012 e empreitada em curso.
- Projectos de Execução dos Subsistemas de Abastecimento de Água de Fajarda/Coruche/Valverde e Montinhos/Z.I. de Monte da Barca, para a Águas do Ribatejo, com início em Novembro de 2011 e empreitada já concluída.
- Projeto da Rede de Drenagem de Águas Residuais na Parte Sul da Freguesia de Torres do Mondego – Carvalhosas, Palheiros e Zorro, para a Águas de Coimbra, com início em Julho de 2009 e em assistência técnica.

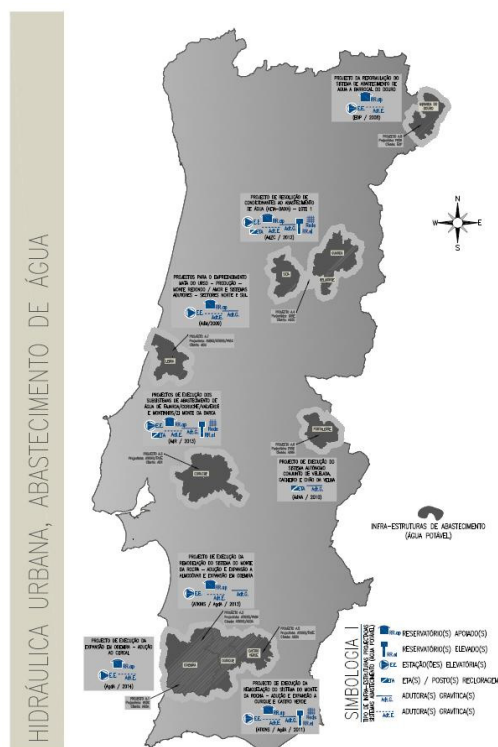


Figura 2.2 – Distribuição Geográfica dos Principais Projectos de Abastecimento de Água, por Concelho

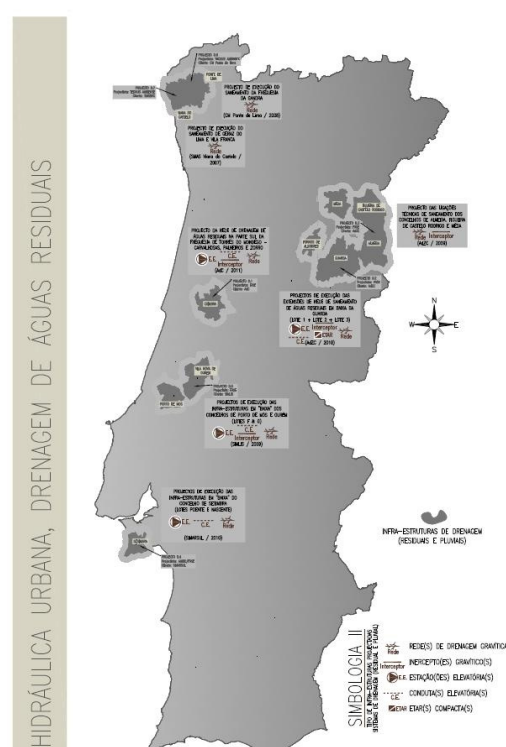


Figura 2.3 – Distribuição Geográfica dos Principais Projectos de Drenagem de Águas Residuais, por Concelho

### Colaborações em Outros Projectos de Hidráulica:

- Aquisição de Serviços de Monitorização e Assistência Técnica ao Projeto PERM, para a Associação de Municípios de Terras de Santa Maria, com início em Março de 2013, e em assistência técnica.
- Projeto de Licenciamento das Infraestruturas Públicas de Vale dos Reis, para a Sipca – Consultores de Engenharia, S.A., em Maio de 2012.
- Projeto de Execução do Sistema Autónomo conjunto de Velada, Cacheiro e Chão da Velha”, para a Águas do Norte Alentejano, com início em Outubro de 2010 e em assistência técnica.

- Projectos Base, Projectos de Execução e Processos de Concurso para o empreendimento Mata do Urso - Produção - Monte Redondo / Amor e Sistemas Adutores - Sectores Norte e Sul, para às Águas do Mondego, com início em Julho de 2007 e empreitada concluída.

#### **Colaborações em Revisões de Projeto:**

- Prestação de Serviços para a Revisão do Projeto de Execução de Modernização das Infraestruturas do Bloco 4 do Aproveitamento Hidroagrícola de Odivelas, para a ABORO, em Janeiro de 2013.
- Revisão do Projeto de Execução do Circuito Hidráulico Baleizão – Quintos e Respetivo Bloco de Rega, para a EDIA, em Setembro de 2012.

#### **Enquanto projetista estagiária, colaborei essencialmente em projetos de hidráulica urbana - Saneamento Básico, tais como:**

- Projeto Base da Reformulação do Sistema de Abastecimento de Água de Barrocal do Douro, para a EDP – Produções.
- Projeto Base do Complexo da Ronqueira, para a Águas do Mondego.
- Projeto de Execução de Saneamento da Freguesias da Gandra, para a Câmara Municipal de Ponte de Lima.
- Plano de Minimização de Perdas de água, nos Concelhos de Fafe, Póvoa de Lanhoso e Vieira do Minho, para a Águas do Ave.
- Estudo de Impacte Ambiental e Projectos dos PERM - Parques Empresariais de Recuperação de Materiais - Polo 1 e Polo 2, para a Associação de Municípios de Terras de Santa Maria.
- Projectos de abastecimento às Zonas altas das freguesias de Geraz do Lima e Vila Franca em Viana do Castelo, para os Serviços Municipalizados de Saneamento Básico de Viana do Castelo.
- Projeto de Execução do Sistema de Adução de Água entre S. Pedro de Arcos e o Limite Norte do Concelho de Viana do Castelo, - Sistema de S. Jorge, para a Águas do Minho e Lima.
- Projeto dos Intercetores das Ribeiras de Laje e de Caster, para a SIMRIA.

#### **2.2.1.2. Coordenadora de Segurança e Saúde em fase de projeto**

A função de Coordenadora de Segurança e Saúde em fase de projeto, foi sempre uma atividades que desenvolvi em paralelo com a elaboração de estudos e projetos, tendo participado em todos os projetos levados a cabo na UNA, desde 2009.

#### **2.2.2. ÁREA DE FISCALIZAÇÃO**

Aproveitando as sinergias internas da empresa, foi-me permitido colaborar pontualmente com a Unidade de Negócios de Gestão de Empreendimentos (UNG), onde tive a oportunidade de integrar várias equipas de Gestão e Fiscalização de Infraestruturas Hidráulicas, primeiro de forma pontual, dando assistência à “Empreitada de Conceção, Projeto e Construção das Infraestruturas necessárias à execução do Plano de Investimento da Indáqua Matosinhos”, e posteriormente integrando a equipa de Fiscalização da Empreitada de Execução das “Redes de Drenagem de Águas Residuais de S. João de

Ovar (PAR-001), S. Vicente Pereira (PAR-100) e Emissário de Ligação à SIMRIA – 1ª Fase – Ovar”, por um período de 6 meses.

Estas experiências, ainda que curtas, permitiram-me ter uma nova perspetiva profissionalmente bastante gratificante.

#### 2.2.2.1. Chefe de Fiscalização. Infraestruturas Hidráulicas

Do ponto de vista pessoal e profissional, a experiência de acompanhar no terreno uma obra de infraestruturas hidráulicas permitiu-me a abordagem dos sistemas de um ponto de vista diferente e enriquecedor, alertou-me para os aspetos de projeto de mais difícil implementação e deu-me uma nova perspetiva de como um projeto deve ser pormenorizado.

### **Função de Chefe de Fiscalização em Empreitadas de Saneamento Básico:**

- Fiscalização, gestão da qualidade, coordenação de segurança em obra e gestão ambiental em obras e redes de drenagem de águas residuais, a levar a efeito nos municípios abrangidos pela AdRA, para a Águas da Região de Aveiro, pelo período de seis meses, no decorrer do primeiro semestre de 2013.

Apresenta-se na Figura 2.4, a dispersão geográfica dos principais trabalhos desenvolvidos fora do âmbito da Área de Projeto.

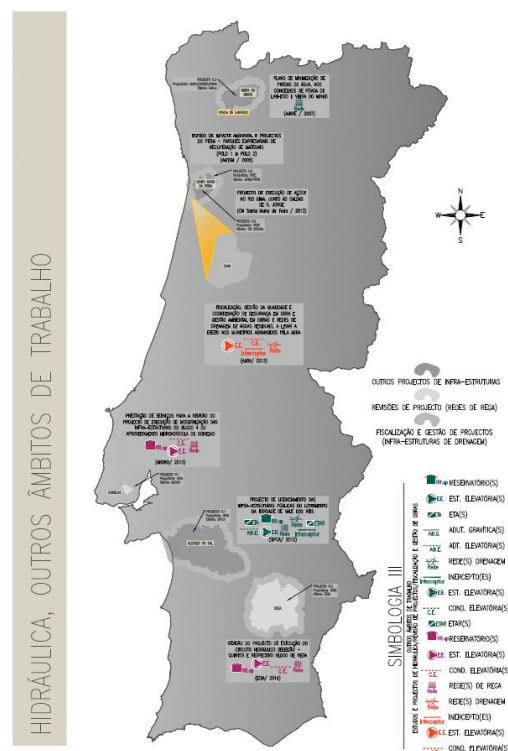


Figura 2.4 – Distribuição Geográfica dos Principais Trabalhos fora da Área de Projeto





# 3

## ORGANIZAÇÃO E DINÂMICA EMPRESARIAL

### 3.1. O GRUPO FASE. FASE, ESTUDOS E PROJECTOS

Fundada no Porto há mais de 35 anos, a FASE - Estudos e Projectos, S.A. é hoje uma das maiores empresas portuguesas de Engenharia, com capacidades multidisciplinares abrangendo todas as valências da Engenharia e Arquitetura, intervindo desde a elaboração de Estudos Estratégicos e Consultoria, passando pela elaboração dos Estudos e Projectos de Execução, até ao *Project Management*, Coordenação e Fiscalização das Obras.

Atua nos principais segmentos do mercado, nomeadamente: Edifícios, Urbanismo, Transportes, Indústria, Energia, Águas e Ambiente.

Seguindo uma estratégia de expansão e diversificação de mercados, a FASE iniciou em 2005 o seu processo de internacionalização em Angola, com a Afrifase e actualmente com a FaseIIAngola. Tem também presença em Macau, com a Fase Ásia, em Moçambique com a Fase Indico, no Brasil com a FASE Consultoria e Projectos, e em Cabo Verde, através da constituição de uma Sucursal.

A FASE mantém também parcerias e uma presença comercial permanente nos mercados de Espanha, Argélia, Marrocos, Líbia, Roménia e Bulgária.

#### 3.1.1. ÁREAS DE INTERVENÇÃO

A FASE intervém essencialmente em duas vertentes distintas – **Projeto**, nomeadamente nas áreas de Água e Ambiente, concentrada na designada Unidade de Negócios de Águas e Ambiente (UNA), Edifícios, Urbanismo e Transportes (UNP) e Indústria e Energia (UNI), - **Gestão de Empreendimentos**, (UNG), que inclui Gestão Geral de Projectos, Fiscalização, Procura e Contratação, Controlo de Prazos, Custos e Qualidade e Coordenação de Segurança e Saúde.



Figura 3.1 – Organograma da Empresa Fase, Estudos e Projectos

### 3.1.2. UNIDADE DE NEGÓCIOS DE ÁGUAS E AMBIENTE (UNA)

Constituída com base nos recursos da TECNUS, Técnicos de Urbanismo e Salubridade, uma pequena empresa com forte tradição na conceção de sistemas de Saneamento Básico, em 2001 adquirida pela FASE e incorporada em 2008. Esta Unidade de Negócios é responsável pela Conceção de todos os Projectos ligados à área de Hidráulica Urbana, nomeadamente no que concerne a sistemas públicos.

#### 3.1.2.1. Apresentação Geral

De acordo com os seus documentos oficiais, assim se apresenta a FASE, enquanto prestador de Serviços de Engenharia na Área do Ambiente:

*“O AMBIENTE é uma das áreas de serviços da FASE, consolidada e em constante desenvolvimento, procurando ir ao encontro das necessidades dos clientes, oferecendo uma gama diversificada de serviços e recorrendo a tecnologias atualizadas e software especializado.*

*As equipas técnicas, constituídas por quadros com formação adequada e vocacionados para as especificidades deste sector, são sempre enquadradas por um Diretor de Projeto com perfil e experiência apropriados ao tipo de serviço em causa, que garante a ligação e coordenação com os técnicos das restantes áreas, respondendo também perante o cliente pelo bom andamento e qualidade do serviço prestado.*

*Para dar resposta às questões cada vez mais complexas e muito diversificadas que surgem nesta área, a FASE recorre também, sempre que necessário, a uma carteira de consultores altamente especializados na sua área de conhecimento, que colaboram de uma forma regular com a empresa.*

*Na área da engenharia sanitária e por forma a potenciar e complementar as capacidades da FASE neste domínio, foi adquirida em 2001 uma empresa de projetos com grande experiência na área do saneamento básico, cujo know-how e curricula foi incorporado nesta área de negócios, através da constituição de uma nova empresa – Tecnus Ambiente - cujo capital social é detido integralmente pela FASE e que, embora com autonomia jurídica, funciona em íntima colaboração com a empresa mãe, seguindo os mesmos procedimentos e tendo inclusivamente administrações comuns.*

*De salientar também que a FASE está classificada nos sistemas de Pré-qualificação de Projetistas e de Fiscalização de Obras, da holding “Águas de Portugal”, estando neste âmbito envolvida no projeto e gestão da construção de alguns dos mais importantes sistemas de infraestruturas hidráulicas, em Portugal”.*

### 3.1.2.2. Tipo de Serviços Prestados

Dos serviços que podem ser desenvolvidos, salientamos os seguintes:

#### **Serviços na Área de Hidráulica**

- Estudos estratégicos e diretores na área da hidráulica
- Estudos hidrológicos e climatológicos
- Estudos preliminares de Conceção e Desenvolvimento, Projectos de Execução e Revisão de Projectos, das seguintes instalações hidráulicas:
- Abastecimento de Água:
  - Captações
  - Estações de Tratamento
  - Conduatas Adutoras
  - Reservatórios
  - Estações Elevatórias
  - Redes de Distribuição
  - Estudos de minimização de perdas e de otimização/ reabilitação de sistemas de distribuição de água
- Drenagem de Águas Pluviais
- Drenagem de Águas residuais domésticas e Industriais.
  - Redes de recolha
  - Intercetores e Emissários
  - Estações Elevatórias
  - Estações de Tratamento
- Consultoria especializada e emissão de pareceres na área das instalações hidráulicas
- Regularização, Renaturalização e Monitorização de cursos de água

#### **Serviços na Área de Resíduos**

- Estudos estratégicos e planos diretores na área dos resíduos
- Estudos e Projectos de Execução de instalações de recolha e tratamento de resíduos
- Consultoria na área da gestão de resíduos
- Estudos e projetos de requalificação ambiental

- Elaboração de projetos de aterros sanitários
- Elaboração de projetos de estações de transferência
- Elaboração de projetos de estações de tratamento de lixiviados
- Planos de prevenção e gestão de resíduos de construção e demolição.
- Estudos e Projectos de Execução e Revisão de Projectos das seguintes instalações na área dos resíduos:
  - Aterros Sanitários
  - Estações de Transferência
  - Estações de Tratamento Lixiviados

#### **Consultoria Ambiental**

- Estudos estratégicos e de viabilidade/ localização na área ambiental
- Estudos de impactes ambientais
- Gestão e licenciamento ambiental de instalações
- Elaboração de relatórios de conformidade ambiental do projeto de execução (RECAPE)
- Elaboração de projetos para licenciamento de utilização de domínio público hídrico, ocupação de áreas REN, RAN
- Projeto de recuperação ambiental
- Projeto de recuperação e integração paisagística
- Monitorização Ambiental (Plano de monitorização, trabalhos de campo e acompanhamento)

#### **Outros Serviços**

- Levantamentos Topográficos
- Elaboração de processos de expropriação e negociação de terrenos
- Elaboração de cadastro de terrenos, infraestruturas, etc.
- Implementação e gestão de bases de dados em ambiente SIG
- Coordenação de Segurança, Higiene e Saúde em fase de projeto e obra.
- Procura
- Controlo de qualidade e custos
- Consultoria jurídica
- Planeamento

#### **3.1.2.3. Principais Clientes**

Dos principais clientes da FASE, na área de Águas e Ambiente, salientam-se os seguintes:

##### **Empresas do Grupo Águas de Portugal:**

**Abastecimento de Água:** Águas do Douro e Paiva, Águas do Mondego, Águas do Norte Alentejano, Águas Públicas do Alentejo, Águas de Trás-os-Montes e Alto Douro, Águas do Centro, Águas do Zêzere e Côa e Águas do Noroeste, empresa que agrupa a Águas do Minho e Lima, a Águas do Cavado e a Águas do Ave, também essas clientes da FASE.

**Drenagem de Águas Residuais:** SIMARSUL - Sistema Integrado Multimunicipal de Águas Residuais da Península de Setúbal, SIMIRIA – Saneamento Integrado dos Municípios da Ria, SIMLIS - Saneamento Integrado dos Municípios do Lis e SIMDOURO - Saneamento do Grande Porto.

**Sistemas “em baixa”:** AdRA – Águas da Região de Aveiro.

**Empresas Municipais e Multimunicipais, Associações de Municípios e outras equivalentes:**

**Drenagem e Abastecimento:** Águas de Coimbra, Águas de Gaia, Águas do Ribatejo, Serviços Municipalizados de Saneamento Básico de Viana do Castelo, Serviços Municipalizados C.M. Maia, Associação de Terras de Santa Maria, Associação de Municípios do Carvoeiro-Vouga, ARM - Águas e Resíduos da Madeira, EDIA – Empresa de Desenvolvimento e Infraestruturas do Alqueva.

**Câmaras Municipais:**

**Drenagem e Abastecimento:** Amarante, Barcelos, Bragança, Maia, Caminha, Ponte de Lima, Ponte da Barca, Monção, Trofa, Viana do Castelo, Vila do Conde, Sever do Vouga, etc..

**Empresas de Iniciativa Privada ou Empresas Públicas de “Core Business” distinto:**

**Drenagem e Abastecimento:** EDP – Gestão da Produção de Energia, EXMIN/EDM – Empresa de Desenvolvimento Mineiro, Indaqua – Indústria e Gestão de Águas, Sociedade Polis Vila do Conde, Sociedade Tomar Polis, SIPCA, DHV FBO, REFER, e inúmeras parcerias com empresas de construção no âmbito da Conceção / Construção.

**Internacionalização:**

**Drenagem e Abastecimento:** Direção Nacional de Águas de Angola (Angola), Banco Mundial / AIAS – Administração de Infraestruturas de Águas e Saneamento (Moçambique), Refer Engineering / Cosider Engineering / Cosider Construction (Argélia).

**3.1.2.4. Consórcios Envolvidos**

Pela natureza e dimensão dos Sistemas de Abastecimento e Drenagem Públicos que fazem parte do Core Business desta unidade de negócios, é comum a associação em consórcio com outras empresas, quer de projeto, quer de construção, para elaboração de projetos no âmbito da conceção-construção.

Entre os parceiros na Área de Projeto, contam-se empresas de renome como a ATKINS Portugal, a TPF/Planege, entre outras, distribuídas pelos seguintes consórcios:

- Consórcio **Atkins / Fase / Ambio** (Consórcio mais antigo, constituído para dar resposta aos trabalhos do Grupo AdP, derivou posteriormente nos dois consórcios seguintes.)
- Consórcio **Atkins / Fase**
- Consórcio **Ambio / Fase**
- Consórcio **Atkins / Fase / Ferreira Lemos**
- Consórcio **TPF/Planege / Fase / Prosistemas** (Consórcio recente, constituído para dar resposta ao mercado de Moçambique)
- Consórcio **Fase / Noraqua** (Consórcio recente, constituído para dar resposta ao mercado do Abastecimento para Rega e de Tratamento de Águas)

Entre os parceiros na Área da Construção, com colaboração mais frequente, contam-se nomes bem conhecidos do mercado como DST Group, ABB - Alexandre Barbosa Borges, Soares da Costa ou CONDURIL - Engenharia.

### **3.2. ENQUADRAMENTO ORGANIZACIONAL E PROJECTOS ENVOLVIDOS**

Como é do senso comum, a dimensão dos Sistemas Públicos obriga à formação de equipas de trabalho de dimensão significativa, quer dentro de uma organização, quer interorganizações, como é o caso dos Consórcios.

A diversidade das equipas, a interação com colegas de diferentes especialidades, e a possibilidade de partilhar experiência com profissionais de renome, é sem dúvida uma das grandes vantagens de integrar uma organização como a FASE, e trabalhar para clientes nacionais e internacionais de gabarito, como as empresas do Grupo AdP ou a AIAS.

Foi este enquadramento organizacional que possibilitou ter-me relacionado com profissionais como o professor Novais Barbosa e o engenheiro Lopes Coelho dentro da FASE, o professor João Fonseca e o engenheiro Pedro Serra no consórcio TPF/Planege / Fase / Prosistemas ou os professores Amílcar Ambrósio, Ana Ambrósio e Costa Miranda no consórcio Atkins / Fase / Ambio, com quem muito aprendi e que muito contribuíram para a minha evolução profissional.

Do mesmo modo, foi este contexto organizacional que me permitiu colaborar em projetos de dimensões significativas, como é o caso dos projetos “em alta”, desenvolvidos para as empresas do Grupo AdP.

# 4

## ENGENHARIA DOS SISTEMAS DE HIDRÁULICA URBANA. ESTADO DA ARTE

### 4.1. OS SISTEMAS DE SANEAMENTO BÁSICO EM PORTUGAL

#### 4.1.1. O CONCEITO DE BASE. ENQUADRAMENTO GERAL

Desde cedo, o saneamento básico assumiu um papel importante na qualidade de vida e na própria longevidade das populações, uma vez que cedo se percebeu que tem um papel fundamental na promoção e prevenção da saúde pública.

O índice de Desenvolvimento Humano, pelo qual a Organização das Nações Unidas (ONU) classifica anualmente todos os seus países membros, é medido por critérios como a longevidade ou esperança média de vida ao nascer o que, como se sabe está intimamente ligado com o sistema de saneamento básico implementado.

Estas infraestruturas assumem tal importância na qualidade de vida das populações que, a mensagem lançada pela ONU para todos os governos do mundo consiste no incentivo a investir no acesso ao saneamento básico como uma forma de dignificar a condição humana.

Neste sentido, também as políticas da União Europeia têm ido de encontro ao incentivo dos seus estados membros para desenvolverem os seus serviços de saneamento básico. São exemplo disso os avultados financiamentos a fundo perdido para execução / melhoria de infraestruturas de saneamento básico que, em Portugal, foram o grande motor deste desenvolvimento.

No nosso país, o panorama de desenvolvimento destes sistemas está intimamente ligado com a criação de entidades públicas, nomeadamente as empresas do Grupo AdP, encarregues de gerir e explorar os sistemas “em alta”.

De notar ainda a existência de empresas privadas e de parcerias público / privadas, especialmente na gestão dos sistemas “em baixa”, e a manutenção de algumas câmaras municipais, empresas municipais ou mesmo associações de municípios na gestão dos seus sistemas próprios.

Foram ainda criados organismos estatais, alguns deles com competências reguladoras, como por exemplo o ERSAR (Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos), o INAG (Instituto da Água), o SNIR (Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos), as diversas CCDR (Comissões de Coordenação e Desenvolvimento Regional), entre outros.

De referir também a existência de diversas associações portuguesas como a APDA (Associação Portuguesa de Distribuição e Drenagem de Águas), a APESB (Associação Portuguesa para Estudos de Saneamento Básico) e a APRH (Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos).

#### 4.1.2. DEFINIÇÃO, ABRANGÊNCIA E ESQUEMA GERAL DE FUNCIONAMENTO EM CADEIA

O Saneamento Básico divide-se em dois serviços distintos: o abastecimento de água para consumo humano e o saneamento de águas residuais urbanas.

O abastecimento público de água compreende a captação, o tratamento, a adução, o armazenamento e a distribuição da água.

O saneamento de águas residuais urbanas compreende a recolha, o transporte e o tratamento das águas residuais de origem urbana e a sua descarga no meio hídrico.

Apresenta-se nas Figura 4.1 e Figura 4.2, as cadeias de valor para cada um dos sistemas mencionados.



Figura 4.1 – Cadeia de valor do sector de serviços de águas (adaptado do RASARP, 2012). Sistemas de Abastecimento de Água para Consumo Humano



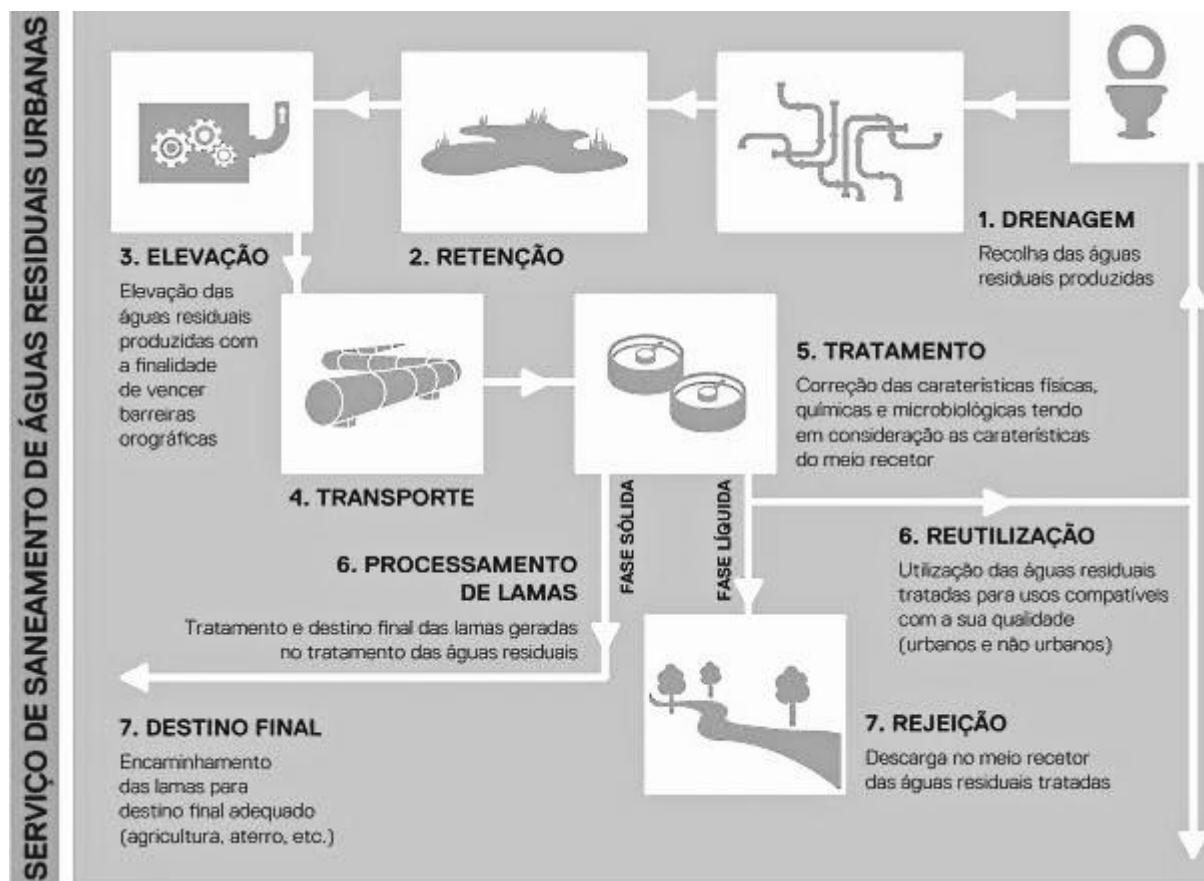


Figura 4.2 – Cadeia de valor do sector de serviços de águas (adaptado do RASARP, 2012). Sistemas de Drenagem de Água Residuais

#### 4.1.3. ENQUADRAMENTO LEGAL E NORMATIVO

##### 4.1.3.1. Legislação

Não se pretende aqui enumerar exaustivamente a legislação em vigor, mas sim apresentar alguns dos diplomas mais relevantes, a saber:

- **Decreto-Regulamentar n.º 23/95 de 23 de Agosto de 1995, adiante referido apenas como “regulamento”**

Regulamento Geral de Saneamento Básico

Aprova os princípios gerais a que devem obedecer a conceção, construção e exploração e sistemas públicos e prediais de distribuição de água e de drenagem de águas residuais.

- **Decreto-Lei n.º 306/2007 de 27 de Agosto de 2007**

Qualidade da Água Destinada ao Consumo Humano

Estabelece o regime da qualidade da água destinada ao consumo humano, revendo o Decreto-Lei n.º 243/2001, de 5 de Setembro, que transpõe para a ordem jurídica interna a Diretiva n.º 98/83/CE, do Conselho, de 3 de Novembro.

- **Decreto-Lei nº 243/2001 de 05 de Setembro de 2001**

Regime Jurídico da Qualidade da Água Destinada ao Consumo Humano.

Aprova normas relativas à qualidade da água destinada ao consumo humano transpondo para o direito interno a Diretiva n.º 98/83/CE, do Conselho, de 3 de Novembro, relativa à qualidade da água destinada ao consumo humano.

- **Decreto-Lei nº 236/98 de 01 de Agosto de 1998**

Estabelece normas, critérios e objetivos de qualidade com a finalidade de proteger o meio aquático e melhorar a qualidade das águas em função dos seus principais usos. Revoga o Decreto-Lei n.º 74/90, de 7 de Março, e encontra-se revogado pelo D.L. 306/2007, no que se refere à qualidade da água para consumo humano, embora a legislação em vigor mantenha os aspetos fundamentais deste diploma.

- **Portaria nº 1216/2003 de 16 de Outubro de 2003**

Sistema de Abastecimento Público de Água para Consumo Humano sob Responsabilidade de Duas ou Mais Entidades Gestoras - Gestão e Exploração - Critérios de Repartição de Responsabilidade.

Estabelece os critérios de repartição de responsabilidade pela gestão e exploração de um sistema de abastecimento público de água para consumo humano sob responsabilidade de duas ou mais entidades gestoras.

- **Decreto-Lei nº 152/97 de 19 de Junho de 1997**

Estabelece normas, critérios e objetivos de qualidade aplicadas à recolha, tratamento e descarga de águas residuais urbanas no meio aquático.

#### 4.1.3.2. Normas e Boas Práticas

Embora sem carácter regulamentar, na conceção dos sistemas de saneamento básico, é frequente o recurso a literatura de apoio, são exemplos importantes:

- **Manual do Saneamento Básico – Ministério do Ambiente e dos Recursos Naturais; Direcção-Geral dos Recursos Naturais**
  - MSB. Vol.I – Elementos Gerais;
  - MSB. Vol.II – Abastecimento de Água e Esgoto.
- **Normas de Projeto AdP – Águas de Portugal**
  - DT AdP 01 – Elementos de Base para o Dimensionamento de Infraestruturas;
  - DT AdP 02 – Critérios de Projeto e Regras de Conceção;
  - DT AdP 03 – Telegestão.

## 4.2. CONCEÇÃO DOS SISTEMAS DE SANEAMENTO BÁSICO. ABORDAGEM TRADICIONAL

### 4.2.1. ASPETOS COMUNS A TODOS OS SISTEMAS

#### 4.2.1.1. Variáveis Principais

Em qualquer abordagem, um serviço apoia-se em dois pilares - caracterização da oferta e caracterização da procura.

A oferta é caracterizada pela “Hidrologia do Projeto ou Dados Hidrológicos” e consiste em:

- Avaliar as disponibilidades de água, quer em quantidade, quer em qualidade, no caso dos Sistemas de Abastecimento de Água;
- Avaliar capacidade do meio hídrico receptor da descarga, quer em quantidade, quer em qualidade, no caso dos Sistemas de Drenagem de Águas Residuais;

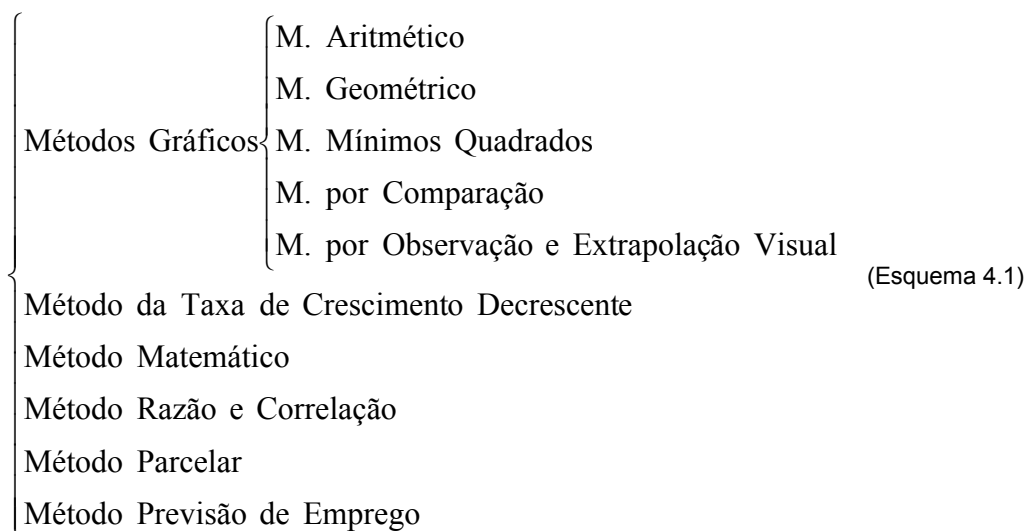
A procura é caracterizada pela quantificação dos consumidores e respetiva quantificação dos consumos, isto é “População de Projeto” e “Caudais de Projeto”.

Inerentes a estas duas vertentes existem outras duas, o espaço e o tempo, ou seja, a distribuição espacial e temporal da oferta e da procura, comumente caracterizados pelo “Horizonte de Projeto” e “Área de Projeto”.

#### 4.2.1.2. Caracterização da População de Projeto

Tradicionalmente, a conceção de um sistema de Saneamento Básico está sempre intimamente ligado com a população a servir. Na ausência da informação específica, é prática comum recorrer-se a métodos de projeção demográfica, nomeadamente a métodos estatísticos apoiados dos recenseamentos da população – Censos.

Os métodos mais usuais para o cálculo de evolução de populações são os seguintes:



Por serem os mais simples e de fácil aplicação, os métodos gráficos são os mais utilizados. Nestes métodos incluem-se todos aqueles que modelam o crescimento da população segundo uma progressão aritmética ou geométrica, os que se baseiam na equação dos mínimos quadrados, bem como os métodos comparativos e de extrapolação visual.

#### Evolução da População

O estudo da evolução da população é feito sobre bases estatísticas, segundo um dos métodos anteriormente citados, entre os mais usados estão:

- Método aritmético, que consiste em somar, à população atual, sempre o mesmo número de habitantes em iguais períodos do tempo. Graficamente, o crescimento é representado por uma linha reta, podendo o incremento ser igual ao do último período do censo.

A expressão analítica que traduz esta lei é a seguinte:

$$\frac{dP}{dt} = K_a \xrightarrow{\text{em que}} \begin{cases} P \rightarrow \text{População} \\ t \rightarrow \text{tempo (anos)} \\ k_a \rightarrow \text{taxa de crescimento aritmético} \end{cases} \quad (\text{Equação 4.1})$$

$$K_a = \frac{P_f - P_i}{t_f - t_i} \xrightarrow{\text{em que}} \begin{cases} P \rightarrow \text{População} \\ t \rightarrow \text{tempo (anos)} \\ k_a \rightarrow \text{taxa de crescimento} \\ i \rightarrow \text{instante inicial} \\ f \rightarrow \text{instante final} \end{cases} \quad (\text{Equação 4.2})$$

- Método geométrico, em que o modelo de crescimento da população é dado por uma progressão geométrica, sendo a curva representativa de evolução de população uma parábola.

Analiticamente, a lei que traduz este crescimento é dada pela seguinte equação diferencial:

$$\frac{dP}{dt} = K_g \cdot P \xrightarrow{\text{em que}} \begin{cases} P \rightarrow \text{População} \\ t \rightarrow \text{tempo (anos)} \\ k_g \rightarrow \text{taxa de crescimento geométrico} \end{cases} \quad (\text{Equação 4.3})$$

$$K_g = \frac{P_f - P_i}{t_f - t_i} \cdot P \xrightarrow{\text{em que}} \begin{cases} P \rightarrow \text{População} \\ t \rightarrow \text{tempo (anos)} \\ k_g \rightarrow \text{taxa de crescimento} \\ i \rightarrow \text{instante inicial} \\ f \rightarrow \text{instante final} \end{cases} \quad (\text{Equação 4.4})$$

$$P_f = P_i \cdot e^{k_g(t_f - t_i)} \xrightarrow{\text{em que}} \begin{cases} P \rightarrow \text{População} \\ t \rightarrow \text{tempo (anos)} \\ k_g \rightarrow \text{taxa de crescimento} \\ i \rightarrow \text{instante inicial} \\ f \rightarrow \text{instante final} \end{cases} \quad (\text{Equação 4.5})$$

### Determinação da População. População Residente e População Flutuante

Para obtenção da população de projeto, é prática comum recorrer-se aos dados dos Censos, não obstante, esta consulta deve estender-se para além dos efetivos residenciais recenseados e respetiva projeção futura.

A população flutuante pode ter um peso muito significativo na população de projeto, e os meios para a aferir podem ser variadíssimos, especialmente em função do tipo de população flutuante,

nomeadamente se está associada ao fim de semana, a períodos específicos durante o ano, por exemplo às férias de Verão, e a que tipo de alojamento recorre ou se, pelo contrário não se encontra associada a qualquer tipo de estadia.

Por forma a melhor caracterizar estes consumidores, é prática comum subdividi-los em população flutuante e população flutuante residencial, estando a primeira associada a estabelecimentos hoteleiros e outros serviços, e a segunda a alojamentos de uso sazonal e a alojamentos vagos.

Para determinação da população flutuante residencial pode também recorrer-se aos dados dos Censos, nomeadamente tendo em consideração o tipo de alojamento, assim:

$$AFRS = TTA - AFRH - AFV \xrightarrow{\text{em que}} \begin{cases} AFRS \rightarrow \text{Alojamentos Familiares de Uso Sazonal} \\ TTA \rightarrow \text{Total Alojamentos Existentes} \\ AFRH \rightarrow \text{Alojamentos de Residência Habitual} \\ AFV \rightarrow \text{Alojamentos Familiares Vagos} \end{cases}$$

(Equação 4.6)

A população flutuante residencial deve ser obtida pela multiplicação do número médio de indivíduos por família clássica. É prática comum considerar-se um facto de segurança de pelo menos mais um indivíduo por cada alojamento de residência habitual (AFRH).

Para obtenção da população flutuante total, é ainda necessário ter em consideração estabelecimentos hoteleiros, atuais e perspectivas futuras, nomeadamente do número total de camas previstas para o período de vida útil da obra.

De notar que, a população flutuante distingue-se da população residente também pelo tipo de consumo, é comum a população flutuante ter consumos mais elevados e alterações relativamente às horas de ponta.

### População de Projeto

É caracterizada pelo acumulado entre a população residente, população flutuante residencial e população flutuante, previsto para o ano horizonte de projeto.

- **População para o Ano Horizonte de Projeto.** (População Máxima de Dimensionamento)

É também prática comum fazer-se a verificação para a população residente prevista para o ano de início de exploração, ou mesmo considerando a população residente do último recenseamento.

- **População para o Ano de Início de Exploração.** (População Mínima para verificação do Funcionamento Hidráulico do Sistema)

#### 4.2.1.3. Horizonte de Projeto

Em Portugal, o Horizonte de Projeto (HP) generalizadamente utilizado é de 40 anos, considerado com base no pressuposto de que:

- O período de vida útil das obras de construção civil é de 40 anos, ou seja, equivalente ao HP;
- O período de vida útil das instalações mecânicas e eletromecânicas é de 20 anos, ou seja, equivalente a metade do HP, considerando-se expectável que grande parte dos equipamentos tenham que ser remodelados e / ou substituídos ao fim deste período;

Não obstante, há outras considerações a ter quando se pretende fixar um HP, nomeadamente:

- Facilidade ou dificuldade de ampliação do sistema, e versatilidade do mesmo;
- A própria previsão da evolução da população, incluindo desvios bruscos de desenvolvimento;
- O aumento da taxa de juro durante o período de amortização do investimento;
- O funcionamento da instalação nos primeiros anos de exploração.

#### 4.2.2. SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

##### 4.2.2.1. Capitações. Consumo diário por tipo de Consumidor

Por Capitação ou Capitação de Água, entende-se o consumo médio diário de um consumidor.

Em geral são considerados três tipos de consumidores:

- Humanos, associados à população residente e população flutuante, sendo que cada um destes pode ter capitações associadas diferentes;
- Industriais;
- Comércio e Serviços.

Os valores da capitação variam obviamente, com o tipo de consumidor, e ainda com os hábitos sociológicos da população a que está associada.

Embora as capitações devam ser avaliadas caso a caso, preferencialmente apoiando-se em sistemas equivalentes em funcionamento, uma espécie de “jurisprudência” dos consumos de água, na nossa legislação, nas normas da OMS, bem como na literatura da especialidade, as capitações encontram-se parametrizadas.

Por exemplo, para capitações domiciliárias, o nosso Regulamento, estipula, no seu artigo 13.º, que “As capitações na distribuição exclusivamente domiciliária não devem, qualquer que seja o horizonte de projeto, ser inferiores aos seguintes valores:

*80 l/habitante/dia até 1000 habitantes;*

*100 l/habitante/dia de 1000 a 10000 habitantes;*

*125 l/habitante/dia de 10000 a 20000 habitantes;*

*150 l/habitante/dia de 20000 a 50000 habitantes;*

*175 l/habitante/dia acima de 50000 habitantes.”*

Já as normas da AdP definem a capitação em função do tipo de ocupação do solo – Áreas Urbanas (AU), Áreas Suburbanas – Muito urbanizadas (AMU) e Pouco urbanizadas (APU) e Áreas Rurais (AR), e da localização geográfica do sistema. As capitações definidas pela AdP são ligeiramente superiores, tal como se pode verificar pelo Quadro 4.1.

Quadro 4.1 – Capitações segundo a AdP (adaptado de DT AdP 01.03)

	Áreas Urbanas (AU)		Áreas suburbanas (APU) (AMU)				Áreas Rurais (AR)	
	2000	2015	2000	2015	2000	2015	2000	2015
Região Norte	160	180	130	160	180	200	100	130

	Áreas Urbanas		Áreas suburbanas				Áreas Rurais	
	(AU)		(APU)		(AMU)		(AR)	
	2000	2015	2000	2015	2000	2015	2000	2015
Região Centro	160	180	130	160	180	200	100	130
<b>Região de Lisboa e Vale do Tejo</b>								
SIMTEJO	180	200	160	180	200	220	130	160
Península Setúbal	180	200	130	160	200	220	100	130
Tejo Sorraia	160	180	130	160	180	200	100	130
Oeste	160	180	130	160	180	200	100	130
<b>Região Sul</b>								
Norte Alentejano	160	180	130	160	180	200	100	130
Algarve	180	200	130	180	220	240	110	160

A OMS estabelece valores muito inferiores, particularmente aplicáveis aos designados “países de terceiro mundo”, e que devem ser vistos como mínimos absolutos, associados muitas vezes ao limiar da pobreza.

Relativamente às captações de Comércio e Serviços, Industriais e Consumos Públicos, o Decreto Regulamentar nº 23/95 preconiza o seguinte:

Artigo 14.º, referente a Consumos Comerciais e de Serviços:

*“1 - As captações correspondentes aos consumos comerciais e de serviços podem, na generalidade dos casos, ser incorporadas nos valores médios da captação global.”*

*2 - Em zonas com atividades comercial intensa pode admitir-se uma captação da ordem dos 50 l/habitante/dia ou considerarem-se consumos localizados.”*

Artigo 15.º, referente a Consumos Industriais:

*“1 - Os consumos industriais caracterizam-se por grande aleatoriedade nas solicitações dos sistemas, devendo ser avaliados caso a caso e adicionados aos consumos domésticos.”*

*2 - Consideram-se consumos assimiláveis aos industriais os correspondentes, entre outros, às unidades turísticas e hoteleiras e aos matadouros.”*

Artigo 16.º, referente a Consumos Públicos:

*“1 - Os consumos públicos, tais como de fontanários, bebedouros, lavagem de arruamentos, rega de zonas verdes e limpeza de coletores, podem geralmente considerar-se incorporados nos valores médios de captação global, variando entre 5 e 20 l/habitante/dia.”*

*2 - Não se consideram consumos públicos os de estabelecimentos de saúde, ensino, militares, prisionais, bombeiros e instalações desportivas, que devem ser avaliados de acordo com as suas características.”*

#### 4.2.2.2. Perdas e Fugas

As Perdas e Fugas são uma parcela bastante importante dos consumos a garantir num sistema de abastecimento de água, não obstante, são também uma das parcelas de mais difícil determinação.

Nos sistemas de abastecimento e distribuição de água entende-se por perdas e fugas todo o volume de água que não é faturado, e que pode ser subdividido em:

- *Perdas físicas, que correspondem aos volumes de água não faturados e não consumidos.* Correspondem às roturas que se verificam ao longo de todo o sistema, envolvendo a rotura de tubagens e perdas em reservatórios, além das decorrentes dos procedimentos de descargas ou purgas na rede;
- Perdas não físicas, que correspondem aos volumes de água não faturados mas consumidos.
- As perdas não físicas têm origem distinta, devendo-se a causas como:
  - Ligações clandestinas;
  - Ligações sem contador (por exemplo, nos casos de chafarizes, bocas de rega e de lavagem, hidrantes, entre outros);
  - Contadores com funcionamento anómalo;
  - Erros de leitura de contadores.

Em situações de funcionamento normal, a parcela de Perdas e Fugas pode ter valores muito distintos, variando entre 10%, em redes novas e em bom estado de funcionamento, e podendo ascender a mais de 50% em redes antigas e bastante deterioradas.

Artigo 17.º, referente a Perdas e Fugas:

*“As fugas de água nos sistemas devem ser avaliadas, não podendo, em caso algum, admitir-se um valor inferior a 10% do volume de água entrado no sistema.”*

#### 4.2.2.3. Consumos, Caudais e Fatores de Ponta

Quando se fala em consumos de um sistema, fala-se de caudais totais a fornecer, em termos médios, para diferentes períodos de consumo, a saber:

- Consumo médio diário anual,  $C_{mda}$ ;
- Consumo médio diário do mês de maior consumo,  $C_{mmc}$ ;
- Consumo médio do dia de maior consumo,  $C_{dmc}$ .

#### Caudais & Consumos. Noções de Médio Diário Anual, Médio do Mês de Maior Consumo e Dia de Maior Consumo

De uma maneira geral, pode considerar-se que o **Consumo Médio Diário Anual** é a base de todos os consumos, a partir do qual é posteriormente possível determinar as restantes variáveis, de Consumos e Caudais, através da aplicação de fatores de ponta.

A determinação do **Consumo Médio Diário Anual** assenta nos aspetos evidenciados nas Equações 4.7 e 4.8.

$$C_{mda} = P_{eq} \cdot C_{eq} \xrightarrow{\text{em que}} \left\{ \begin{array}{l} C_{mda} \rightarrow \text{Consumo Médio Diário Anual} \\ P_{eq} \rightarrow \text{População equivalente (hab.)} \xrightarrow{\text{inclui}} \begin{array}{l} \text{P.Residente} \\ \text{P.Flutuante} \\ \text{Comercio \& Serviços} \\ \text{Industria} \\ \text{C.Publicos} \\ \text{Perdas \& Fugas} \end{array} \\ C_{eq} \rightarrow \text{capitação equivalente } \left( \left( \frac{1}{\text{hab}} \right) \text{dia}^{-1} \right) \end{array} \right.$$

(Equação 4.7)



$$C_{mda} = P_{res} \cdot C_{res} + P_F \cdot C_F + Con_{C\&S} + Con_{Ind} + Con_{Publi\ cos} + P \& F$$

(Equação 4.8)

em que

$$\left\{ \begin{array}{l} C_{mda} \rightarrow \text{Consumo Médio Diário Anual} \\ P \rightarrow \text{População (hab.)} \\ C \rightarrow \text{capitação } \left( \left( \frac{1}{\text{hab}} \right) \text{dia}^{-1} \right) \\ res. \rightarrow \text{Residentes} \\ F. \rightarrow \text{Flutuante} \\ C \& M \rightarrow \text{Comercio \& Serviços } \left( \frac{1}{\text{dia}} \right) \\ Ind. \rightarrow \text{Consumos Industriais } \left( \frac{1}{\text{dia}} \right) \\ Publi\ cos \rightarrow \text{Consumos Publicos } \left( \frac{1}{\text{dia}} \right) \\ P \& F \rightarrow \text{Perdas \& Fugas } \left( \frac{1}{\text{dia}} \right) \end{array} \right.$$

Quando se fala em consumos de um sistema, estamos a falar dos caudais totais a fornecer, em termos médios para diferentes períodos de consumo, a saber:

$$\begin{aligned} \text{Consumo Médio do Mês de Maior Condumo} &\rightarrow C_{mmc} = 1.3 \times C_{mda} \rightarrow Q_{mmc} = \frac{1.3 \times C_{mda}}{24 \times 3600} \\ \text{Consumo Médio do Dia de Maior Condumo} &\rightarrow C_{dmc} = 1.5 \times C_{mda} \rightarrow Q_{dmc} = \frac{1.5 \times C_{mda}}{24 \times 3600} \end{aligned}$$

em que

$$\left\{ \begin{array}{l} C \rightarrow \text{Consumo } \left( \frac{1}{\text{dia}} \right) \\ Q \rightarrow \text{Caudal } \left( \frac{1}{s} \right) \\ mmc \rightarrow \text{mês de maior consumo} \rightarrow fp_{mmc} = 1,3 \\ dmc \rightarrow \text{dia de maior consumo} \rightarrow fp_{dmc} = 1,5 \end{array} \right.$$

(Equação 4.9)

### Caudais de Ponta e Fatores de Ponta

Pode definir-se como caudal de ponta o caudal máximo instantâneo necessário a uma determinada população equivalente, no período mais desfavorável.

A determinação deste caudal resulta da majoração do caudal médio diário anual através do facto de ponta instantâneo. A determinação deste facto deve ser feita com base na análise de registos locais, específicos de cada sistema, não obstante, e na ausência de elementos que permitam a sua determinação, pode ser estimado pela expressão apresentada de seguida.

$$fp = 2 + \frac{70}{\sqrt{P}} \xrightarrow{\text{em que}} \left\{ \begin{array}{l} fp \rightarrow \text{Factor de Ponta Instantâneo} \\ P \rightarrow \text{População (hab.)} \end{array} \right. \quad \text{(Equação 4.10)}$$

O caudal de ponta é assim dado por:

$$Q_P = fp \cdot \frac{C_{mda}}{24 \times 3600} \xrightarrow{\text{em que}} Q_P \rightarrow \text{Caudal de Ponta Instantâneo} \left( \frac{1}{s} \right) \quad (\text{Equação 4.11})$$

#### 4.2.2.4. Caudais de Dimensionamento

Os Caudais de Dimensionamento são escolhidos entre os caudais acima referidos, e em função do tipo de infraestrutura / sistema a dimensionar, assim:

- **Sistemas de Abastecimento de Água “em alta”.** São normalmente dimensionados a partir do caudal do mês de maior consumo, ou em alternativa do dia de maior consumo, em função de diversas variáveis a avaliar caso a caso e que serão referidas adiante.
- **Sistemas de Abastecimento de Água “em baixa”.** São dimensionados para dar resposta ao Caudal de Ponta Instantâneo.

#### 4.2.3. SISTEMAS DE DRENAGEM DE ÁGUAS RESIDUAIS

##### 4.2.3.1. Aspectos Gerais

De uma maneira geral, os conceitos de base são semelhantes para qualquer Sistema Público de Saneamento Básico, seja ele de Abastecimento de Água ou de Drenagem de Águas Residuais.

Todos os aspetos referidos anteriormente, como População de Projeto, Horizonte de Projeto, Capitações, Consumos são transversais a estas duas vertentes.

##### 4.2.3.2. Capitações Residuais. Volume efluente diário por tipo de Consumidor. Fatores de Afluência à Rede

Os caudais de águas residuais resultam dos caudais de abastecimento multiplicados pelo designado factor de afluência, que visa traduzir a percentagem do volume de água que saiu da rede de abastecimento e que chega posteriormente à rede de drenagem de águas residuais, e acrescidos do caudal de infiltração.

Os valores do factor de afluência à rede de saneamento de águas residuais variam obviamente, com o tipo de consumidor, de infraestruturas e da própria ocupação do solo, a que está associado.

Na ausência de dados mais precisos, pode recorrer-se às recomendações da AdP, em função do tipo de urbanização, ou às recomendações do Regulamento.

Artigo 123.º, referente a Fator de Afluência à Rede

*“1 – O factor de afluência à rede é o valor pelo qual se deve multiplicar a capitação de consumo de água para se obter a capitação de afluência à rede de águas residuais domésticas.*

*2 – Os factores de afluência à rede devem ser discriminados por zonas de características idênticas, que são função da extensão de zonas verdes ajardinadas ou agrícolas e dos hábitos de vida da população, variando geralmente entre 0,70 e 0,90.”*

##### 4.2.3.3. Caudais de Infiltração

Tal como as Perdas e Fugas para o abastecimento, também os Caudais de Infiltração representam uma parcela importante no dimensionamento de redes de drenagem.

Os caudais de infiltração dependem de dois tipos de factores, do tipo de solo e das suas características hidrogeológicas, bem como da precipitação, e do estado de conservação da rede.

Embora o desejável seja a sua quantificação caso a caso, o Decreto Regulamentar nº 23/95 aponta algumas diretrizes para a consideração de caudais mínimos.

Artigo 126.º, referente a Caudais de Infiltração

“(…)

4 – Desde que não se disponha de dados experimentais locais ou de informações similares, o valor do caudal de infiltração pode considerar-se:

- a) Igual ao caudal médio anual, nas redes de pequenos aglomerados com coletores a jusante até 300 mm;
- b) Proporcional ao comprimento e diâmetro dos coletores, nas redes de médios e grandes aglomerados; neste último caso, quando se trate de coletores recentes ou a construir, podem estimar-se valores de caudais de infiltração da ordem de 0,500 m<sup>3</sup>/dia, por centímetro de diâmetro e por quilómetro de comprimento da rede pública, podendo atingir-se valores de 4 m<sup>3</sup>/dia, por centímetro e por quilómetro, em coletores de precária construção e conservação.
- c) Os valores referidos nas alíneas a) e b) podem ser inferiores sempre que estiver assegurada uma melhor estanquidade da rede, nomeadamente no que respeita aos coletores, juntas e câmaras de visita.”

#### 4.2.3.4. Caudais e Fatores de Ponta

Em Drenagem Residual, quando se fala de caudais de uma rede, estamos a falar de dimensionamento para caudais máximos e verificações para caudais mínimos a drenar, tal que:

- Caudal médio diário anual, que normalmente inclui infiltrações,  $Q_{Rmda}$ ;
- Caudal médio mínimo,  $Q_{Rmin}$ ;
- Caudal de ponta instantâneo,  $Q_{Rp}$ ;

#### Caudal Residual Médio Diário Anual e Caudal Residual Mínimo

De uma maneira geral, pode considerar-se que o **Consumo Médio Diário Anual de Abastecimento de Água** é a base de todos os Caudais Residuais a determinar.

$$Q_{Rmda} = \frac{C_{mda}}{24 \times 3600} \cdot fa + Q_{inf} \xrightarrow{\text{em que}} \begin{cases} Q_{Rmda} \rightarrow \text{Caudal Médio Diário Anual Residual } \left(\frac{1}{s}\right) \\ C_{mda} \rightarrow \text{Consumo Médio Diário Anual de Água } \left(\frac{1}{\text{dia}}\right) \\ fa \rightarrow \text{factor de afluência} \\ Q_{inf} \rightarrow \text{Caudal de infiltração } \left(\frac{1}{s}\right) \end{cases}$$

(Equação 4.12)

$$Q_{Rmin} = \frac{C_{dom}}{24 \times 3600} \cdot fa \xrightarrow{\text{em que}} \begin{cases} Q_{Rmin} \rightarrow \text{Caudal Médio Mínimo Diário Residual } \left(\frac{1}{s}\right) \\ C_{dom} \rightarrow \text{Consumo Médio Diário Anual Doméstico } \left(\frac{1}{\text{dia}}\right) \end{cases}$$

(Equação 4.13)

#### Caudais de Ponta e Fatores de Ponta

Pode definir-se como caudal de ponta o caudal máximo instantâneo a drenar, para uma determinada população equivalente, no período mais desfavorável.

A determinação deste caudal resulta da majoração do caudal médio diário anual residual através do facto de ponta instantâneo. A determinação deste facto deve ser com base na análise de registos locais, específicos de cada sistema, não obstante, e na ausência de elementos que permitam a sua determinação, pode ser estimado pela expressão apresentada de seguida.

$$fp_R = 1,5 + \frac{60}{\sqrt{P}} \xrightarrow{\text{em que}} \begin{cases} fp_R \rightarrow \text{Factor de Ponta Instantâneo Residual} \\ P \rightarrow \text{População (hab.)} \end{cases} \quad (\text{Equação 4.14})$$

O caudal de ponta é assim dado por:

$$Q_{Rp} = fp_R \cdot \frac{C_{Rmda}}{24 \times 3600} + Q_{inf} \xrightarrow{\text{em que}} Q_{Rp} \rightarrow \text{Caudal Residual de Ponta Instantâneo} \left( \frac{l}{s} \right) \quad (\text{Equação 4.15})$$

#### 4.2.3.5. Caudais de Dimensionamento

Os Caudais de Dimensionamento são escolhidos entre os caudais acima referidos, e em função do tipo de infraestrutura / sistema a dimensionar, assim:

- **Sistemas de Drenagem de Águas Residuais.** Independentemente de ser Sistema “em baixa” ou “em alta”, são sempre dimensionados para dar resposta ao Caudal de Ponta Instantâneo.

### 4.3. CONCEÇÃO DOS SISTEMAS DE SANEAMENTO BÁSICO. ABORDAGEM OTIMIZADA

#### 4.3.1. CARACTERIZAÇÃO, MODELAÇÃO E PREVISÃO DE SOLICITAÇÕES

**De uma maneira geral, pode dizer-se que, a caracterização, modelação e previsão das solicitações de água é o primeiro passo para uma gestão racional das infraestruturas de Saneamento Básico.**

Os métodos de caracterização e análise de sistemas de abastecimento assentam frequentemente na aplicação de metodologias que envolvem modelação física e matemática e têm como objetivo último o conhecimento profundo do funcionamento dos sistemas por forma a otimizar as políticas de gestão através da definição de estratégias, contribuir ativamente nos processos de decisão, fornecer medidas para execução de novos planos gerais de gestão e introdução de melhorias nos planos de gestão existentes, bem como fomentar metodologias para conceção e exploração dos sistemas.

De uma maneira geral estes estudos têm aplicabilidade transversal a todo o sistema, visando garantir aspetos como:

- **A manutenção do equilíbrio ecológico** (captação de água e descargas de efluentes eficiente, sem perturbação significativa do domínio hídrico);
- **A perpetuação da qualidade da água** (sistemas de tratamento e distribuição eficientes, garantindo a qualidade do serviço prestado);
- **A maximização dos resultados económicos** (empresas saudáveis com capacidade de se manterem no mercado e continuarem a prestar um serviço de qualidade).

Existem diversos modelos físicos e matemáticos aplicáveis às situações descritas, sabendo-se que um bom modelo deve ser capaz de simular e caracterizar a oferta e a procura, tanto ao nível da quantidade como da qualidade, ao longo do tempo, bem como ser capaz de hierarquizar as diversas variáveis.

De modo geral, a caracterização e previsão dos consumos baseiam-se na análise dos registos de séries cronológicas, e permitem caracterizar / tipificar os comportamentos da população, identificar anomalias, tendências, valores extremos e variações periódicas, quer sejam de ordem sazonal, mensal, semanal ou mesmo diária.

A previsão dos consumos, revela-se importante em diversas fases, primeiro na conceção e projeto dos sistemas, posteriormente ao longo da sua operação e na sua gestão, especialmente quando se pretende otimizar o seu funcionamento.

Do mesmo modo, os métodos de previsão de consumos baseiam-se, mediante o fim a que se destinam, em dois princípios de base – Previsões a Longo Prazo, feitas com recurso a métodos convencionais, e usadas essencialmente na conceção dos sistemas, e que têm como objetivo a determinação da solicitação máxima da rede no seu horizonte de projeto, e as Previsões a Curto Prazo, feitas frequentemente com recurso a metodologias que já incluem a inteligência artificial, e cuja aplicação está já relacionada com a exploração / gestão dos sistemas, ou seja, com a racionalização e otimização dos sistemas de abastecimento. Na fase de conceção, as metodologias designadas por “a curto prazo”, podem dar uma boa contribuição na validação dos dados teóricos.

Das diversas aplicações que podem ser listadas para o estudo das solicitações de água, em especial quando se usam métodos de previsão a curto prazo, destacam-se:

- Apurar o conhecimento do funcionamento hidráulico, em especial das elevações e do funcionamento de equipamentos mecânicos e eletromecânicos, dos fluxos de consumo, das necessidades de consumíveis;
- Fazer um melhor planeamento económico-financeiro dos sistemas, efetuando previsões de custos e de receitas mais realistas, e auxiliar no planeamento dos tarifários;
- Avaliar e contabilizar as perdas nas redes de distribuição e infiltrações nas redes de drenagem;
- Definir os picos de consumo, nomeadamente caudais máximos e mínimos e situa-los sazonalmente;
- Melhorar o conhecimento das solicitações para o dimensionamento dos diversos órgãos dos sistemas, nomeadamente dos equipamentos de elevação, adutoras, reservatórios, redes de distribuição e estações elevatórias de águas residuais;
- Simulação do funcionamento hidráulico;
- Otimização em projeto;
- Informação para gestão em tempo real.

De um ponto de vista mais específico, estes estudos têm também por objetivo a previsão / quantificação das utilizações de água por tipologia de consumidor, estando estes usualmente divididos por utilizações domésticas, comerciais, industriais e públicas.

É também importante, quando se pretende fazer uma gestão otimizada, e especialmente em situações onde pontualmente possa ocorrer carências de água, o conhecimento dos consumidores importantes, como por exemplo os organismos de saúde pública, uma vez que, só assim se pode proceder a um fornecimento estratificado em função das necessidades prioritárias.

A segurança e o bem-estar das populações devem ser também assegurados, pelo que, uma estimativa correta dos volumes necessários para combate a incêndio, e a sua salvaguarda como reserva, é uma questão de suma importância. Este volume deve ser bem avaliado em função do risco real de incêndio, que poderá frequentemente sobrepor-se ao regulamentarmente estipulado.

O conhecimento e controlo das fugas e perdas, é também um facto importante na previsão dos caudais pois, só pelo seu controlo se pode ascender a sistemas economicamente viáveis, e que garantam fiabilidade ao longo do tempo.

#### 4.3.1.1. Fase de Conceção – projeção dos consumos a longo prazo

No que diz respeito aos métodos para projeção dos consumos a longo prazo, verifica-se que o estudo da evolução dos consumos, está intimamente ligada por exemplo com a evolução da população para um dado período de tempo. Esse estudo, de projeção futura, é normalmente feito por modelos matemáticos clássicos, explicitados anteriormente.

Não obstante, a utilização de dados reais, de povoações semelhantes, em que as populações tenham hábitos de consumo equivalentes, podem ser uma maior valia para a calibração do modelo matemático.

São exemplo disso a validação de caudais teóricos, com recurso ao tratamento estatístico de leituras de medição de caudal.

#### 4.3.1.2. Fase de Exploração – projeção dos consumos a curto prazo

Em fase de exploração interessam especialmente os métodos para projeção dos consumos a curto prazo, uma vez que permitem não só o estudo da evolução dos consumos, mas também a sua previsão para intervalos de tempo futuros muito curtos e muito próximos.

Quando se pretende, para um determinado instante, prever a disponibilidade de recursos (oferta) e simultaneamente a sua solicitação (procura), é frequente recorrer-se a modelos que assentam na análise de séries temporais. Estas séries refletem um conjunto de observações registadas de modo sequencial, que são posteriormente analisadas à luz de modelos estatísticos. A análise das séries temporais pode ter diferentes objetivos, nomeadamente, a descrição, a explicação, a previsão e o controlo. De notar que, uma boa série temporal deve pelo menos refletir tendências, comportamentos e sazonalidade.

Existem inúmeras técnicas para captar o comportamento de uma série temporal. Uma das mais utilizadas é a técnica ARIMA de Box-Jenkins's por ser de fácil compreensão e incluir uma variedade de padrões, passando por séries temporais estacionárias, não estacionárias e sazonais.

A necessidade de previsão dos consumos, de forma cada vez mais específica tem vindo a levar ao desenvolvimento de técnicas cada vez mais evoluídas, e que não se esgotam na estatística tradicional, nomeadamente as Redes Neurais Artificiais (RNA<sup>1</sup>).

O uso das RNA apresenta como principais vantagens a sua versatilidade, permitindo obter bons resultados perante séries temporais caóticas, e o facto de não necessitarem da especificação de modelos formais, bem como o facto da distribuição das probabilidades dos dados ser conhecida.

---

<sup>1</sup> RNA são modelos simplificados do sistema nervoso central do ser humano, compostas por um conjunto de elementos de processamento simples - nós, unidades ou neurónios artificiais, com um grande número de interligações - as sinapses. As RNA, são utilizadas essencialmente em problemas de classificação, segmentação e previsão, quando os resultados do modelo são mais importantes do que compreender como trabalha o modelo [Cortez, P., 2002]. Um dos principais objectivos das RNA é o de solucionar problemas onde os dados são complexos, incompletos ou sofreram alguma interferência [Kartalopoulos, S., 1996].

Uma das características mais importantes de uma RNA é que utiliza um sistema de aprendizagem através de exemplos, e a calibração do modelo é feita com valores reais do sistema.

#### 4.3.2. CARACTERIZAÇÃO DE BENEFÍCIOS E DE CUSTOS

A caracterização e quantificação dos benefícios e dos custos constituem uma tarefa essencial para o desenvolvimento de modelos de otimização dos sistemas de Saneamento Básico.

Trata-se, no limite de efetuar uma análise de viabilidade económico-financeira.

A caracterização e a quantificação dos benefícios e dos custos podem ser usadas como ferramentas de análise em estudos de viabilidade técnico-económica da solução em causa, quer ao nível da conceção dos sistemas, quer posteriormente ao nível da sua operação, bem como ferramenta de planeamento para programas de exploração.

Uma definição adequada dos benefícios e dos custos é uma das ferramentas mais importantes no apoio às decisões inerentes aos centros de investimento, operação e controlo dos Sistemas de Saneamento Básico.

Pese embora a desobrigação social do “lucro” para os sistemas de Saneamento Básico, facto é que são sistemas com potencial técnico-económico elevado, pelo que devem, pelo menos ser economicamente autossustentados.

##### **Quantificação dos Benefícios**

A quantificação dos benefícios de um sistema de Saneamento Básico não é tarefa simples, fazendo parte desta parcela não só benefícios diretos, como o fornecimento de água à população, como benefícios indiretos, difíceis de contabilizar.

Esta quantificação está obviamente a cargo dos Organismos Investidores, embora a literatura da especialidade refira frequentemente os cinco aspetos seguintes:

- O benefício direto que, para a entidade gestora se relaciona com a retribuição auferida pelo serviço prestado;
- O benefício da restituição dos caudais a montante, tratando-se este não só de um benefício para as entidades gestoras, mas também de um benefício para o ambiente em geral, e meio hídrico em particular.
- Os benefícios indiretos, encontrando-se nesta parcela os benefícios provenientes da construção de infraestruturas que possam servir outros fins;
- O benefício social, decorrente da melhoria das condições sanitárias;
- Finalmente, temos o valor intrínseco da água, trata-se do valor que as populações auferem ao bem “água”, que vai para além do estritamente necessário às suas necessidades.

##### **Quantificação dos Custos**

Relativamente aos custos, são inúmeros os custos inerentes aos sistemas de Saneamento Básico, e vão desde a fase de conceção e execução da obra até à sua entrada em funcionamento – custos de investimento inicial, e posteriormente ao longo de todo o seu período de vida útil – custos de exploração.

Especificando, os custos da “produção”, leia-se aqui tratamento, de água ou efluente bruto, dependem desde logo de fatores intrínsecos à fonte de água bruta, da sua disponibilidade ao longo do tempo e da sua qualidade, no caso dos sistemas de abastecimento, ou à sensibilidade do meio hídrico recetor, no caso do tratamento de efluentes.

Só inerentes ao meio hídrico natural, há a listar uma série de custos dificilmente mensuráveis, como por exemplo os custos induzidos pelos utilizadores a montante. Uma vez que se trata de um bem

sujeito a reutilizações sucessivas, a qualidade do efluente lançado ao meio hídrico, influi diretamente a qualidade da água bruta a jusante.

Ora, a questão das origens alternativas bem como da existência de focos pontuais de contaminação estão inerentes a custos que se vão projetar por toda a vida útil do sistema, numa primeira fase, pelo volume de investimento necessário para contornar e solucionar o problema, e na fase de exploração pelo maior desgaste dos equipamentos e consumo de reagentes, de energia, entre outros.

Assim, voltando aos custos gerais inerentes a um sistema de Saneamento Básico, podem ser agrupados em duas fases, a fase de construção e a fase de exploração, listados de seguida:

#### *Custos de Construção*

- Custos de aquisição dos terrenos;
- Custos de construção das captações e do seu equipamento, em função do tipo de captação e da sua qualidade, refletida a construção de estruturas de proteção às captações;
- Custos de construção das estações elevatórias e do seu equipamento, em função do caudal e da altura de elevação;
- Custo de construção das estações de tratamento de água e do seu equipamento, em função do volume de água a tratar e da qualidade da água bruta;
- Custo de construção das adutoras e do seu equipamento, em função do caudal e da topografia do terreno;
- Custo de construção dos reservatórios e do seu equipamento, em função dos volumes de água a armazenar.

#### *Custos de Exploração*

- Custos com os recursos humanos;
- Custos com a energia elétrica;
- Custos com reagentes e consumíveis;
- Custos de reparação e manutenção;
- Custos associados à qualidade do serviço;
- Custos induzidos pelas perdas e fugas, no caso dos Sistemas de Abastecimento de Água, ou pelas infiltrações, no caso dos Sistemas de Drenagem de Águas Residuais.

#### 4.3.3. CONCEÇÃO E GESTÃO OTIMIZADAS DE SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

A gestão racional de qualquer Sistema de Abastecimento, seja adutor ou de distribuição, começa na sua conceção.

Nesta fase, deve já ser tido em conta que o sistema deve não só ser tecnicamente viável, assegurando o serviço em condições adequadas ao fim a que se destina, quer no que se refere à sua qualidade, quantidade e condições de fornecimento, mas também economicamente sustentável.

Aspetos como o consumo de energia, devem/podem ser melhorados bombando em horas de vazio, e acautelando capacidades de reserva suficientes. Estas medidas permitem diminuir o custo de exploração, durante todo o período de vida útil do sistema, à custa de um aumento quase residual do custo de investimento.

Outro aspeto é o desgaste precoce das infraestruturas. Escolher adequadamente os materiais e assegurar variáveis de dimensionamento adequadas como velocidades de escoamento que possam



garantir que o desgaste/rotura das infraestruturas não vai ser precoce e que estas cheguem ao final do seu período de vida útil.

Posteriormente, em fase de exploração, frequentemente já de acordo com as políticas de gestão implementadas/a implementar, tendo em vista a sua validação/otimização, devem ser implementados métodos de monitorização e análise, por forma a aprofundar o conhecimento do funcionamento dos sistemas. O planeamento e controlo dos processos envolvidos assumem cada vez mais um papel fundamental na otimização do seu funcionamento.

Generalizando, a otimização dos sistemas de abastecimento de água, apresenta-se assim subdividida em duas grandes fases – inicialmente a conceção e projeto, e posteriormente a gestão e exploração das redes. No primeiro caso, aplicam-se essencialmente as regras de boas práticas cimentadas ao longo do acumular da experiência neste sector, obviamente para além da regulamentação em vigor, e das especificações técnicas da entidade gestora, por excelência a AdP. Na fase de exploração e gestão das redes há um grande espaço para aplicação de novas técnicas e tecnologias, e é possivelmente aqui que mais lugar há para a otimização dos sistemas.

Embora se acredite na afirmação efetuada no parágrafo anterior, ela não deve ser entendida de forma totalmente literal, ou seja, a otimização em fase de exploração só é viável em sistemas bem concebidos. Assim, se um sistema apresenta deficiências de conceção não há ferramenta de gestão que por si só o torne economicamente viável. Nestes casos, há que dar um passo atrás, repensar algumas infraestruturas. De notar que, por vezes intervenções simples permitem alterar e melhorar radicalmente o funcionamento hidráulico do sistema, e então, a partir daí intervir ao nível da otimização da gestão do sistema<sup>2</sup>.

#### 4.3.3.1. Conceção e Dimensionamento dos Sistemas

##### **Abordagem Geral**

A montante de qualquer dimensionamento ou otimização de um sistema, são de suma importância os diversos critérios de dimensionamento a considerar, quer na definição dos dados de base, quer para a verificação das condições de escoamento. É nesta fase que são definidas quer as solicitações de dimensionamento, quer as ferramentas que permitirão avaliar a relação custo - benefício da solução em análise e a posterior comparação de soluções para avaliar a sua viabilidade técnico-económica.

A conceção e dimensionamento de um sistema de abastecimento de água englobam diversas variáveis. A análise das condições do terreno, a fixação das leis de consumo, a avaliação das disponibilidades e necessidades de água, e a topografia local permitem uma conceção do funcionamento hidráulico em geral.

Os aspetos acima referidos encontram-se ligados à definição de outros, como por exemplo o horizonte de projeto, e se este será o mesmo para todas as infraestruturas.

Apresentam-se de seguida alguns aspetos a serem considerados para as variáveis mais importantes.

---

<sup>2</sup> Exemplo: concepção do “Porto Gravítico”. Uma ligeira intervenção no sistema de adução à cidade do Porto, que consistiu na execução de um pequeno trecho de conduta adutora, permitiu a formação de um anel de adução à volta da cidade, que por sua vez transformou um sistema adutor predominantemente elevatório, num sistema puramente gravítico, poupando-se todos os gastos inerentes ao consumo de energia. As estações elevatórias constituem actualmente um sistema de emergência que, em caso de rotura que inviabilize a adução gravítica, permite continuar a abastecer parte da cidade, aumentando assim o grau de fiabilidade do sistema.

### ▪ **Desenho do Sistema**

O esqueleto principal do sistema é normalmente concebido a montante, a partir da definição da área de influência do sistema e do estudo do terreno, leia-se cartografias e ocupação do solo. É este esqueleto que irá permitir avançar com os estudos populacionais.

### ▪ **Validação das Origens e quantificação da disponibilidade de água**

Em paralelo com o desenho do sistema, deverá desenvolver-se o estudo das origens de água, ou seja, a quantificação das disponibilidades de água bruta, passível de ser incorporada no sistema - “produção de água potável”. Preferencialmente, os sistemas devem dispor de origens alternativas, aumentando assim a sua fiabilidade. Em caso de avaria ou défice da origem principal, os sistemas poderão manter o abastecimento, ainda que em condições deficitárias e financeiramente menos vantajosas.

### ▪ **Horizonte de Projeto**

É comum considerar-se o horizonte de projeto para as obras de construção civil entre 40 a 50 anos, e metade deste período para os equipamentos eletromecânicos.

Este faseamento da instalação, baseia-se no pressuposto de que os equipamentos terão um período de vida útil inferior à da obra de construção civil ( $HP_{eq} = \frac{1}{2}HP_{cc}$ ), e é já uma tentativa de otimização dos investimentos.

No entanto, as atuais tendências que se verificam no sector para definição do HP, fazem levantar algumas questões. Verifica-se que, o HP considerado para este tipo de obra é cada vez mais curto. Actualmente considera-se frequentemente um período de 30 anos, assim. Levanta-se portanto a questão se se deve continuar a acreditar que os equipamentos terão um período de vida útil igual a metade da vida útil para a obra de construção civil, de apenas 15 anos, ou será de acreditar que se deve considerar o HP dos equipamentos eletromecânicos igual ao HP das obras de construção civil.

Acresce ainda o facto de grande parte da população do nosso país, fora dos grandes centros urbanos, estar em franco decréscimo (AdP admite a estagnação do crescimento populacional a partir de 2015). Este facto leva a crer que não se justifica a troca dos equipamentos eletromecânicos ao fim de 15 anos, uma vez que o aumento das necessidades de água de uma povoação se deve apenas ao crescimento do seu consumo “*per capita*”, que pode e deve ser controlado por políticas de racionalização da água.

Mais uma vez, até um dado de base, tão simples como a definição do horizonte de projeto deveria ser alvo de estudo técnico-económico de alternativas.

### ▪ **Populações e Consumos**

É a população, ou mais exatamente a população equivalente que permite avaliar as necessidades de água. Por sua vez, a determinação da população está também dependente do desenho do sistema, nomeadamente da sua distribuição geográfica.

Quanto aos consumos, estes dependem não só da população, bem como da sua capitação, usualmente estimada em função do tipo de ocupação do solo quando referente a capitações domésticas. Estes valores, especialmente quando a zona a servir apresenta especificidades próprias, devem ser refinados com recurso a estudos locais. Nesta fase, são determinadas as necessidades domésticas, comerciais e industriais.

### ▪ Caudais

Finalmente, para determinação dos caudais, são necessárias outras variáveis, os fatores de ponta, que refletem os hábitos de consumo, e a avaliação da parcela, de perdas e fugas, que deve por um lado ser realista, e por outro economicamente aceitável.

Ultrapassadas estas indefinições está-se na posse dos dados que permitirão obter o caudal de dimensionamento do sistema, ou de parte dele.

### ▪ Cálculo Hidráulico e definição de Materiais

O passo seguinte passaria pelo cálculo hidráulico da infraestrutura, ou seja, pelo seu dimensionamento e verificação das condições de escoamento (para infraestruturas de transporte de água), ao qual se segue a definição dos órgãos acessórios necessários.

Obviamente, não é possível proceder ao cálculo hidráulico sem uma definição completa do sistema, quer no que se refere a infraestruturas, quer no que se refere aos próprios materiais, especialmente para as condutas.

### ▪ Análise de viabilidade

A fase final passa pela análise técnico-económica das diversas soluções alternativas. É esta fase que determinará se o sistema deverá ou não prosseguir.

## Sistemas Gravíticos

No dimensionamento de um sistema de adução, cada infraestrutura faz parte de um “todo”, pelo que a análise de alternativas raramente se pode fazer para uma única infraestrutura.

Os principais aspetos a considerar nesta fase, estão relacionados com a implantação das condutas – definição de traçados, e dos órgãos acessórios, de segurança e de manobra, a determinação do caudal de cálculo e o dimensionamento técnico-económico de alternativas.

No que se refere à quantificação final do caudal de projeto, para além das variáveis acima referidas, restam ainda algumas opções de projeto, que devem ser geridas, por exemplo em função do risco que se pretenda assumir.

### ▪ Considerações relativas aos caudais de dimensionamento

Tal como referido frequentemente na literatura da especialidade, a definição do caudal de dimensionamento do sistema adutor é um problema multicritério. Como critério de base, considera-se sempre a adução gravítica em 24h, sendo esta a solução que minimiza o diâmetro das adutoras, já que aqui não entram em linha de conta as questões do consumo de energia. Mesmo assim, diversas alternativas se afiguram:

**Dimensionamento das adutoras para o consumo médio diário do mês de maior consumo** ( $f_p=1.3^3$ ). Implica que no dimensionamento do reservatório de jusante deverá ser considerada uma reserva complementar relativa ao dia de maior consumo, e à semana de maior consumo, admitindo que poderão ocorrer “vários dias consecutivos de maior consumo”.

**Dimensionamento das adutoras para o caudal médio diário do dia de maior consumo** ( $f_p=1.5$ ). O reservatório de jusante necessitará apenas de uma reserva suplementar para fazer face à possibilidade de ocorrência de vários dias consecutivos de consumo elevado.

---

<sup>3</sup> De acordo com a NP 837, os fatores de ponta normalmente considerados, na ausência de indicadores mais precisos, são os seguintes: Mês máximo  $f = 1,3$ ; Dia máximo  $f = 1,5$ .

Posto isto, afiguram-se logo duas alternativas (no primeiro caso a adutora terá menor diâmetro e o reservatório maior capacidade, invertendo-se a situação na segunda) que, sendo igualmente viáveis tecnicamente, devem ser estudadas do ponto de vista económico, por forma a aferir qual a alternativa que gera maiores mais-valias, ou seja, qual a alternativa que apresenta a melhor relação custo/benefício.

Situações análogas podem ser detetadas para outros órgãos do sistema, por exemplo para as estações de tratamento de água.

São de referir ainda outras questões passíveis de criar situações alternativas de importância relevante, especialmente no que se refere à implantação das condutas adutoras. (Estas questões serão, com as devidas correlações análogas às condutas elevatórias)

#### ▪ **Considerações relativas ao tipo de escoamento**

Como se sabe, a adução de água pode realizar-se em regime de superfície livre ou sob pressão, no entanto, um regime de superfície livre embora seja vantajoso, por exemplo por evitar de todo os eventuais problemas associados à pressão de água, são suscetíveis a qualquer foco de contaminação accidental.

Mas, mais uma vez, e em questões de topografia desfavorável, com grande desnível, que conduza a altas pressões, deveriam ser estudadas duas alternativas:

**Escoamento em superfície livre.** Considerando uma adutora de maior dimensão, sem órgãos acessórios para além do sistema de amarração, e vulnerável a contaminações.

**Escoamento em pressão.** Considerando uma adutora de menor dimensão, com órgãos próprios para controlo de pressões, nomeadamente válvulas redutoras de pressão, cujo funcionamento apresenta bastantes restrições, e que nem sempre é fácil regular, mas menos vulnerável a contaminações exteriores. De referir aqui que o recurso a câmaras de perda de carga para controlo de pressões apresenta também a problemática da vulnerabilidade a contaminações exteriores, e não dispensa o recurso a equipamentos eletromecânicos para controlo de caudal.

#### ▪ **Considerações relativas aos traçados**

A topografia do terreno, e as eventuais alternativas de traçado são também alternativas a analisar. Por exemplo, a escolha entre traçados mais longos, com eventuais declives médios mais suaves, cujos trabalhos de construção civil associados sejam menos penosos, podem por vezes parecer mais vantajosos, quando comparados com traçados curtos, por exemplo ao longo de estradas nacionais, cujas exigências de pavimentação assumem uma parcela muito grande nos custos, no entanto, os primeiros apresentam muitas vezes outros custos e outras dificuldades, não associados diretamente aos trabalhos de execução, mas que por vezes podem também representar uma grande parcela dos custos de execução, refira-se a título de exemplo, os custos associados a processos de reconhecimento de interesse público, para constituição de direito de passagem ou expropriação de terrenos.

A topografia do terreno pode ainda condicionar o traçado em perfil e originar alguns problemas de escoamento, quer pela acumulação de ar nos pontos altos, quer pela acumulação de detritos nos pontos baixos. Assim, nestes pontos singulares há lugar à introdução de órgãos acessórios, ventosas e purgadores nos pontos altos, para remoção do ar indevidamente acumulado, e descargas de fundo nos pontos baixos, por forma a promover o seu esvaziamento em caso de operações de manutenção.

Os pontos altos intermédios podem também causar problemas ao nível da piezométrica do sistema, pelo que lhes deve ser dada especial atenção, por forma a garantir que não ocorram depressões na conduta, durante o seu funcionamento normal.

### ▪ Considerações relativas ao cálculo hidráulico

Entrando concretamente no dimensionamento convencional de uma conduta adutora, definido o caudal de cálculo, uma adutora é dimensionada a partir da determinação das perdas de carga que lhe estão associadas, e da piezométrica disponível para o trecho em análise, respeitando os limites regulamentares para grandezas como a velocidade de escoamento, a pressão mínima, e questões de boas práticas como as inclinações mínimas ascendentes e descendentes, provenientes de manuais expeditos como por exemplo o Manual de Saneamento Básico.

O diâmetro obtido pelas duas condições iniciais, perda de carga e piezométrica disponível é o diâmetro mínimo necessário. Após a sua determinação seguir-se-á a escolha do diâmetro comercial imediatamente superior, desde que cumprisse todas as restrições regulamentares.

A escolha do material é uma questão fundamentalmente económica, embora algumas questões técnicas possam condicionar a sua escolha. Em condutas de pequena dimensão e médias pressões é comum recorrer-se a tubagens plásticas, em contrapartida, aos grandes diâmetros estão geralmente associadas tubagens metálicas. Trata-se de um caso em que há uma escolha pela segurança e fiabilidade do sistema (benefícios mais difíceis de contabilizar), em detrimento de uma parcela “custo” significativamente inferior.

Finalmente, e não menos importante, o trabalho de engenharia compreende, também, a caracterização dos órgãos acessórios da adutora que permitam um adequado funcionamento e fácil exploração. Devem ser devidamente estudados e caracterizados todos os trabalhos de construção civil, e equipamentos, por forma a sustentar a opção técnica tomada e a fundamentação pela sua escolha, por considerações de ordem económica.

De notar ainda que, quando se preveja futuramente a incorporação de ferramentas de otimização no sistema, por exemplo de telegestão, os órgãos acessórios devem desde logo ser dimensionados e adequadamente preparados para incorporarem estes elementos, mesmo que a sua introdução só se efetue no futuro, evitando-se assim mais um entrave à melhoria e otimização do sistema.

A associação de medidores de caudal aos diversos órgãos, e o registo das suas leituras para posterior tratamento podem constituir um primeiro passo na construção de um modelo adequado que permita conhecer e gerir adequadamente o sistema.

Por sua vez, o dimensionamento otimizado de uma adutora passa, em grande parte por incorporar as variáveis já referidas, mas com uma abordagem substancialmente diferente, recorrendo a novas ferramentas de otimização e simulação do comportamento hidráulico da conduta (ou do sistema), bem como da incorporação de uma parcela de incerteza (muitas vezes associada ao risco), para uma gama tanto mais alargada quanto possível de alternativas tecnicamente viáveis, com vista à obtenção da melhor solução sob o ponto de vista económico e que simultaneamente respeite as restrições técnicas.

De uma maneira geral, pode dizer-se que, o dimensionamento otimizado de uma adutora consiste em encontrar o diâmetro comercial, ou combinação de diâmetros, que maximize o valor atual dos fluxos financeiros, ou seja a diferença entre a receita total e o custo total, incluindo-se aqui o custo de investimento e exploração, e simultaneamente cumpra todas as restrições técnicas. Consiste assim, em encontrar a solução de tubagem que melhor aproveita o desnível topográfico disponível.

A análise estatística dos resultados obtidos, e a sua correlação com estudos análogos, poderá fornecer informação útil para uma melhor fundamentação das decisões.

De referir ainda, a existência de diversas ferramentas para o cálculo da função custo de uma adutora, nomeadamente em função do seu diâmetro. O material da tubagem, bem como o tipo de pavimentação

que está associada ao traçado em análise, são variáveis para as quais foram propostas funções de cálculo próprias. Ferreira da Silva (2001) preconiza uma série de metodologias para a quantificação dos custos de construção de adutoras. Do mesmo modo, Lencastre (1995) apresenta várias ferramentas de cálculo da função custo, para diversos tipos de materiais, quer plásticos, quer ferro fundido dúctil.

#### ▪ **Considerações suplementares relativas a redes de distribuição**

Quanto às redes de distribuição, a otimização do seu funcionamento está intimamente ligada à conceção da mesma, uma vez que no que se refere ao caudal de cálculo, este será sempre o correspondente ao caudal de ponta da rede, ou seja, a rede deverá estar preparada para responder às solicitações máximas previstas. Obviamente, uma boa caracterização dos consumos, e a obtenção de um facto de ponta adequado, bem como um gráfico de consumo de caracterize bem a distribuição dos consumos ao longo do dia, por aplicação de metodologias de modelação adequadas podem otimizar o caudal de ponta da rede e consequentemente os seus diâmetros.

A conceção de rede, predominantemente emalhada pode ajudar a diminuir alguns diâmetros, bem como permitir diversos percursos para que a água possa chegar a todos os pontos da rede. Esta medida é particularmente importante em situações de rotura ou interrupção de trechos da rede por razões diversas. Obviamente, esta questão está intimamente ligada com uma correta distribuição dos órgãos acessórios da rede, nomeadamente as válvulas de seccionamento.

No que se refere às pressões, devem ser considerados os limites regulamentares em qualquer ponto da rede, pressão mínima de 30mca e pressão máxima de 60mca. Sempre que estes valores são excedidos devem ser introduzidas válvulas redutoras de pressão. No que se refere às pressões mínimas, são conseguidas por uma localização adequada dos reservatórios de distribuição, ou pela introdução de sistemas hidropressores (cuja otimização será abordada no capítulo seguinte).

Tal como acontece nos sistemas adutores, também estas redes estão submetidas a restrições regulamentares, como por exemplo de velocidades, pelas mesmas razões apresentadas para os sistemas adutores.

Nestas redes acresce a restrição de diâmetros, que por razões de segurança deverá ser no mínimo de 90mm, por forma a ter capacidade de transporte adequado para abastecer os dispositivos de proteção contra incêndio – marcos e bocas.

A verificação hidráulica da rede deve ser feita não só para os caudais de ponta, mas também para a situação de incêndio no ponto mais desfavorável da rede, dispensando-se neste caso o cumprimento da pressão mínima regulamentar.

#### **Sistemas Elevatórios**

Já muito do que foi referido anteriormente, tanto na abordagem geral aos sistemas de abastecimento, como uma parte das redes gravíticas em pressão, pode ser aplicada aos sistemas elevatórios. Estamos a referir-nos por exemplo, às restrições aplicadas às condutas adutoras gravíticas, à sua determinação da função custo, etc., critérios análogos aos aplicáveis às condutas elevatórias dos sistemas elevatórios.

Nos sistemas elevatórios, agora em análise, acresce a consideração dos sistemas de bombagem, que assumem uma grande parcela nos custos, tanto de investimento, mas especialmente nos custos de exploração, uma vez que se estima que a parcela gasta com a energia elétrica consumida ao longo do período de vida útil da instalação poderá ascender a cerca de 50% dos custos totais de exploração. Ou seja, o dimensionamento de sistemas adutores elevatórios de água é um problema que é solucionado com estudos técnico-económicos, uma vez que os elevados montantes despendidos com o

investimento e com as despesas de exploração pressionam no sentido da procura de soluções otimizadas.

Nestes casos, em que a topografia é desfavorável, o transporte de água faz-se graças ao fornecimento de energia por grupos eletrobomba (GEB), num total equivalente ao desnível geométrico acrescido das perdas de carga do escoamento, dependendo estas do diâmetro selecionado para a conduta elevatória e do caudal que se pretende transportar.

O dimensionamento de um sistema elevatório faz-se então considerando a altura manométrica necessária e o caudal a bombear. Mas, se o seu funcionamento não estiver afinado com as verdadeiras necessidades do sistema, há uma perda constante de energia, que se propaga e agrava, ao longo do período de vida do sistema.

Antes de passar à consideração de algumas metodologias preconizadas para o dimensionamento otimizado dos sistemas, é conveniente fazerem-se algumas considerações, relativas por exemplo aos planos de preços dos fornecedores de energia, bem como aos escalões de referência.

Actualmente, e com vista a uniformizar o mais possível os consumos da rede, os preços da energia são reduzidos durante os períodos noturnos, e elevados nas horas de ponta de consumo de energia elétrica, que de resto correspondem também às horas de ponta de consumo de água. Por outro lado, as políticas de racionalização de consumo de energia, à semelhança das de água, penalizam os grandes consumidores, neste caso, em função da potência contratada. Ora, para o consumidor final, menos consumo de energia não significa necessariamente menores encargos para com o seu fornecedor de energia elétrica.

Para promover o abaixamento dos encargos com a energia elétrica, é comum pensar-se que bastaria concentrar as horas de bombagem nos períodos noturnos. Ora, como um sistema é dimensionado para a sua solicitação máxima que, em princípio só acontecerá próximo do HP, independentemente do número de horas de bombagem previstas para esse ano horizonte, até lá haverá uma folga que permitirá concentrar, maioritariamente as bombagens no período noturno. No entanto, esta medida está condicionada pela capacidade do reservatório de jusante, ou seja, se este não tiver capacidade suficiente para armazenar a água para o dia seguinte, teremos que voltar a bombear durante o período diurno, com um custo de energia superior.

As considerações horárias dos tempos de bombagem são inúmeras, no entanto, não é linear qual a alternativa que gera maiores mais-valias. Por exemplo, grupos ou condutas elevatórias paradas indiciam que é possível gastar menos energia aumentando o tempo de bombagem passando-se a ter menor caudal, logo menores perdas de carga e consecutivamente menor altura manométrica, poupando-se alguma energia. Esta poupança pode ser significativa se houver lugar a um abaixamento na potência que permita descer um patamar na potência contratada. Neste caso, devem ser efetuados cálculos exaustivos, para avaliar se é preferível baixar a potência contratada, bombando em horas de ponta, ou manter uma potência contratada alta, bombando nas horas de vazio.

No entanto, situações inversas também devem ser analisadas, por exemplo, bombear 22h/dia no mês de maior consumo equivale a bombear sensivelmente 12h/dia nos 3 meses de menor consumo e menos de 16h/dia em seis meses do ano. Nestes casos será fácil evitar que grande parte das horas de consumo de energia coincidam com as horas de energia mais cara, reduzindo os custos, mesmo gastando mais energia.

Bombagens de 24h/dia nos meses de maior consumo, equiparando a adução elevatória à adução gravítica, têm sido adotadas em grandes sistemas recentes. Esta medida permite diminuir significativamente os diâmetros das adutoras, obriga no entanto, a maiores capacidades dos

reservatórios para garantir o dia de maior consumo. Em reservatórios grandes, normalmente com pouca reserva de incêndio, a sua capacidade poderá ser insuficiente, porque segundo alguns autores, e à semelhança do que foi já referido para a adução gravítica, o dia de maior consumo ( $f_p=1.5$ ) não acontece isolado, sendo frequente considerar uma “reserva de maior consumo”, correspondente à “semana de maior consumo”. Se assim não for, os sistemas falharão nas semanas de maior consumo, no HP, ou mesmo antes.

Em termos de conceção geral dos sistemas, convém também ter presente que os sistemas gravíticos com bombagem à cabeça para um reservatório principal, elevando grande caudal, a uma grande altura manométrica, gastam, quase sempre, mais energia do que um sistema não gravítico, constituído por estações elevatórias parcelares. Nestes casos, acresce o facto de, os custos de investimento com uma adutora de grande diâmetro e necessariamente muito extensa, que não dispensa parte da sua duplicação em condutas gravíticas, serem também um custo muito elevado, além de que se espera que a potência contratada para uma única estação deste tipo caia num escalão muito penalizador para a entidade exploradora.

A nível pontual, ou seja, considerando uma única estação de bombagem, sabe-se que, se uma determinada bomba não estiver a funcionar no ponto de melhor rendimento, é normalmente possível obter esse ponto reduzindo a velocidade e o caudal ou, pelo contrário, aumentando a velocidade e o caudal. Estando o sistema já construído, no primeiro caso, deve verificar-se se o novo caudal e o tempo diário de bombagem são aceitáveis, enquanto, no segundo caso, pouco se consegue fazer, por limitação do motor elétrico.

Nos novos sistemas, é prática comum a introdução de um variador de velocidade nos GEB. Este elemento tem inúmeras vantagens técnicas, no entanto, quando se introduz um variador de velocidade com o objetivo de adequar o caudal bombado às solicitações, ou mesmo para otimizar as horas de bombagem, deve ter-se presente que, em mais de 50% dos casos não é possível melhorar o rendimento dos grupos, até porque o próprio variador de velocidade consome energia, e o motor a baixar velocidade também perde rendimento.

Por sua vez, a determinação do ponto de funcionamento ótimo do sistema elevatório a montante da instalação e da própria encomenda dos equipamentos pretendidos pode ser muito interessante, uma vez que, quando solicitado o fabricante dos grupos eletrobomba pode facilmente introduzir ligeiras alterações nos impulsores dos grupos de modo a que estes funcionem muito próximo do ponto pretendido e, consequentemente com muito melhor rendimento do que o equipamento de série.

Entrando no dimensionamento otimizado destes sistemas, são diversos os estudiosos que têm proposto metodologias para conceber e dimensionar sistemas elevatórios que garantam as solicitações em adequadas condições técnicas ao menor custo possível. Desde a década de 80, até ao presente, Lencastre, Vieira, Ferreira da Silva, Swamee, Walski, entre outros têm apresentado ferramentas para a determinação dos custos do investimento e os encargos com a energia, considerando situações alternativas como a instalação faseada do equipamento, em função das solicitações crescentes, a potência dos grupos.

No que se refere aos sistemas de bombagem para as redes de distribuição, os sistemas hidropressores, há também algumas questões que não devem ser descuradas no seu dimensionamento e conceção. Obviamente, gasta-se energia elétrica quando se bomba diretamente para a rede “em baixa” através de uma estação hidropneumática, no entanto, deve ter-se presente que bombando para um reservatório de distribuição ainda se gasta mais.



Nestas estações elevatórias, os GEB de velocidade variável permitem reduzir a capacidade do reservatório hidropneumático, o número de arranques e por consequência o consumo de energia, pois o reservatório hidropneumático necessita de um acréscimo de 15mca e a variação de velocidade dos grupos apenas de 5mca sobre a pressão mínima a garantir. Ou seja, quando o caudal solicitado pela rede, bem como a pressão necessária para o seu funcionamento, especialmente em períodos de baixo consumo de água, pode conseguir-se que o fornecimento à rede seja garantido pelo reservatório hidropressor, evitando assim que os GEB arranquem.

Do mesmo modo, quando as primeiras casas distam bastante da estação elevatória consegue-se alguma economia de energia reduzindo a pressão fora das horas de ponta.

Por outro lado, deve também ter-se presente que reservatórios hidropneumáticos grandes permitem suprir algumas pontas de consumo especialmente altas, mas curtas, e que o mesmo não acontece apenas com a variação de velocidade dos grupos hidropressores. Assim, quando se dimensiona uma estação elevatória deste tipo, e se tenta reduzir o reservatório hidropressor, deve ter-se em atenção especial os fatores de ponta instantâneos, pois o regulamento parece conduzir a valores muito baixos.

As estações elevatórias hidropneumáticas também podem ser usadas nas redes em alta, abastecendo reservatórios em lugar de casas. No entanto, nestes casos devem ter-se cuidados especiais com a determinação das curvas do sistema que vai ser ligado à estação, e com a eventual necessidade de utilizar esse sistema de condutas como rede de transmissão de níveis.

#### 4.3.3.2. Gestão Otimizada dos Sistemas

A gestão e exploração dos sistemas é uma atividades que se apresenta logo à partida muito condicionada pela própria conceção dos sistemas mas, mesmo com reduzidos graus de liberdade que permitam alterações funcionais de fundo, é possível otimizar a sua gestão.

Tal como já referido, o maior grau de liberdade para a otimização dos sistemas está no conhecimento das suas solicitações reais.

O conhecimento dos picos de consumo, a forma como o consumo se distribui ao longo do dia, bem como o conhecimento das variáveis que fazem alterar o consumo de forma significativa permitem uma gestão do sistema em tempo útil. Para tal, uma das ferramentas mais importantes é a obtenção de um modelo realista.

A existência de um modelo que, em cada instante, possa prever o consumo dos instantes futuros, a curto e médio prazos, em conjunto com o conhecimento adequado de todos os órgãos do sistema, permite à entidade exploradora fazer um planeamento estratégico da exploração do sistema. Esta questão reveste-se ainda de maior importância quando se tratam de sistemas com grande consumo de energia, em que a maior concentração dos consumos em horas de vazio possibilita uma grande poupança nos custos de exploração.

Outro exemplo preponderante da aplicação do planeamento da exploração adequado às solicitações é o aprovisionamento de reagentes e consumíveis. Conhecer a evolução das solicitações, bem como da qualidade da água na origem, permite aprovisionar os reagentes em quantidades adequadas, evitando a sua deterioração por estarem armazenados indevidamente, durante longos períodos de tempo ou, em contra partida não existam em quantidades adequadas quando sejam efetivamente necessários.

Do mesmo modo, o conhecimento das solicitações a que cada equipamento eletromecânico está submetido poderá permitir uma previsão para as suas operações de manutenção ou substituição de peças de reserva.

Outro facto que pode otimizar um sistema de abastecimento, é a comparação entre os volumes reais de água consumidos, os volumes reais de água potável “produzida”, os volumes reais de água aduzida, por órgão de adução e os respetivos volumes de consumo determinados pelo modelo. Esta comparação permite aferir, por exemplo, os volumes de água não faturados, sendo que estes resultam de perdas e fugas no sistema adutor, ou de ligações ilícitas. A determinação desta parcela, a nível geral, dá uma indicação do grau de eficiência do sistema. A determinação desta mesma parcela por órgão ou subsistema de adução dá indicação, para além da eficiência, do estado de conservação desse mesmo subsistema, e permite comparar o valor aferido com os restantes subsistemas e com a rede em geral, por forma a perceber se este é ou não aceitável. Caso não seja, o subsistema deve ser alvo imediato de inspeção e análise e se necessário da implementação de medidas corretivas e retificativas.

O estudo da evolução deste indicador, para um mesmo subsistema, ao longo do tempo pode ajudar a perceber qual o motivo do seu mau funcionamento. Por exemplo se num determinado instante ocorreram obras no local onde se desenvolve a adutora, e a partir desse instante aumentaram as perdas no sistema, é de esperar que tenha ocorrido uma rotura que tenha que ser reparada imediatamente. Por outro lado, se as perdas do sistema aumentam muito significativamente no período de estiagem e a sua localização o dá junto de um aldeamento, é de esperar que tenham sido feitas ligações ilícitas à rede.

Voltando à gestão automatizada do sistema, é de suma importância referir o contributo que as ferramentas de telegestão e teleação podem dar para a otimização da exploração dos sistemas de abastecimento.

Os sistemas de telegestão consistem em tecnologia capaz de captação e armazenamento de dados, supervisão e controlo dos sistemas de abastecimento. Assim, é possível monitorizar e pode ser possível manobrar remotamente as principais instalações hidráulicas que os constituem, permitindo melhorar a qualidade do serviço prestado e uma maior eficiência na sua gestão.

Um sistema deste tipo, deve ser capaz de automaticamente, detetar qualquer anomalia da rede, e de agir remotamente em conformidade (teleação) ou mandar um alerta, para a resolução do problema. Por exemplo, se pensarmos num aumento significativo e inesperado do caudal consumido, bem como um abaixamento da pressão do sistema, é de esperar que tenha ocorrido um acidente, do qual resultou uma rotura com grande perda de água. Assim, ou o sistema permite uma ação remota e fecha automaticamente as válvulas de seccionamento que permitam isolar o trecho, simultaneamente pode mandar um alerta ao piquete de serviço, minimizando ao máximo as perdas de água.

A implementação de um sistema de telegestão obriga, necessariamente, que se elabore um diagnóstico profundo do modo de funcionamento hidráulico do sistema de abastecimento de água. Mais uma vez aqui denota-se a importância de um modelo bem calibrado.

#### 4.3.4. CONCEÇÃO E GESTÃO OTIMIZADAS DE SISTEMAS DE DRENAGEM DE ÁGUAS RESIDUAIS

Como é do senso comum no âmbito da engenharia sanitária, os sistemas de drenagem são predominantemente gravíticos, dando-se o escoamento em superfície livre.

Nestes casos, a otimização dos sistemas passa essencialmente pela redução dos custos de investimento, já que os custos de exploração / manutenção da rede serão praticamente inalteráveis, à exceção dos custos de exploração associados aos sistemas de tratamento e elevação de águas residuais. Aqui, a gestão do sistema pode ter um papel preponderante no controlo dos custos, como se poderá perceber em capítulo próprio.

#### 4.3.4.1. Conceção Otimizada dos Sistemas

Ao nível da conceção, e sendo os sistemas predominantemente gravíticos, a maior condicionante ao desenvolvimento do sistema é a topografia da zona a intervir.

- **Considerações relativas aos traçados**

A montante de qualquer estudo de drenagem devem ser estudadas as eventuais alternativas de traçado, ao longo de arruamentos e caminhos públicos existentes e por consequência definir bacias de drenagem. É usual que estas bacias confluem para pontos baixos, junto de linhas de água, e sem possibilidade de, por sua vez se interligarem entre si por caminhos públicos.

Aqui, afiguram-se desde logo, duas alternativas completamente distintas, a opção por uma solução gravítica ou pressurizada.

No primeiro caso, referimo-nos ao estudo de um interceptor comum que permita juntar os esgotos de todas as bacias de drenagem para um único ponto comum, recorrendo predominantemente a traçados a corta-mato, ao longo de terrenos particulares e extremamente próximos das referidas linhas de água, o que obriga a uma série de custos adicionais com expropriação de terrenos e instrução de processos de reconhecimento de interesse público para licenciamento da obra junto da ARH, e eventualmente ainda junto da CCDR da região ou do Ministério da Agricultura, já que frequentemente estes terrenos pertencem, para além do domínio hídrico a zonas de Reserva Ecológica Nacional ou Reserva Agrícola. No segundo caso, referimo-nos ao estudo de um ou vários sistemas de bombagem. Nestes casos além dos custos de investimento iniciais, acresce a consideração dos custos substancialmente superiores de exploração, não especialmente na manutenção das redes, mas com a manutenção dos equipamentos eletromecânicos e com o consumo de energia, entre outros menos significativos. A alternativa a escolher é aquela da qual resulte a melhor relação custo/benefício.

- **Considerações relativas aos caudais de dimensionamento**

Paralelamente à conceção da rede, tal como acontece com os sistemas de abastecimento de água, e necessário definir qual o caudal de projeto. Nas redes de drenagem o caudal de cálculo resulta da soma do caudal doméstico com o caudal de infiltração, e eventualmente com os caudais industriais, caso existam.

A determinação do caudal doméstico é em tudo análoga à explicitada no capítulo anterior, para abastecimento de água, acrescido da afetação de um facto de afluência, que pretende traduzir a percentagem de água fornecida pela rede de abastecimento que chega à rede de drenagem de águas residuais.

De referir ainda que, também o facto de ponta instantâneo é regulamentarmente calculado por uma expressão diferente. Embora também em função da população, o seu valor numérico é sempre inferior, o que traduz a diluição dos caudais de águas residuais ao longo do tempo.

A determinação do caudal de infiltração pode ser feita recorrendo a diferentes metodologias, ou estudando a pluviosidade da região ou, mais usualmente e de uma forma mais expedita, determinado pelas fórmulas preconizadas no regulamento, em função do caudal médio diário anual e do comprimento da rede.

- **Considerações relativas à definição da rede em planta e em perfil**

**Traçado em Planta.** Ultrapassada a questão dos dados de base / caudais de cálculo e configuração da rede em planta, tendo em conta que esta configuração levou já em conta o sentido de escoamento natural dos arruamentos em que a rede se desenvolve, é necessário passar à disposição dos órgãos

acessórios – câmaras de visita – cabeceira, junção e passagem e posteriormente à configuração da rede em perfil.

A disposição das câmaras de visita deve respeitar um afastamento máximo de 60m entre elas, para além de serem obrigatórias em todas as cabeceiras de rede, confluências de ramos de coletores e mudanças de direção.

**Traçado em Perfil.** Quanto ao traçado do coletor em perfil, deve ser tal que minimize os movimentos de terra, ou seja, preferencialmente paralelo ao terreno natural, sem que isso prejudique o cumprimento das restrições regulamentares relativas a inclinação mínima, altura de lâmina líquida máxima, velocidades mínimas e máximas e força trativa, embora esta última restrição possa ser incumprida mediante a introdução de órgãos acessórios, as câmaras de corrente de varrer, ou medidas suplementares de manutenção.

Na conceção do perfil do coletor deve ter-se sempre em atenção que uma vez aumentado, o diâmetro do mesmo nunca poderá ser diminuído para jusante o que, por vezes levará a que seja vantajoso optar por ligeiros aumentos de inclinação, aumentando a capacidade de transporte e o movimento de terras associado, se a jusante a inclinação dos troços seguintes permitir por um lado a rápida recuperação do recobrimento mínimo do coletor, e por outro que se mantenha o menor diâmetro para jusante.

#### ▪ **Considerações relativas aos sistemas elevatórios de águas residuais**

Sempre que a topografia impossibilite uma solução integralmente gravítica, haverá lugar à introdução de sistemas elevatórios. Como se percebeu dos sistemas equivalentes para elevação de água, a elevação do esgoto doméstico é, ao longo do período de vida útil da obra, responsável por uma grande parcela dos custos de exploração associados ao consumo de energia, pelo que se torna imprescindível a sua otimização.

Quando se trata de bombear águas residuais, as restrições passam a ser maiores e mais condicionantes, antes de mais pelas características do esgoto, quimicamente agressivo e com matéria sólida em suspensão, para além dos óleos e gorduras que também afetam o desempenho dos equipamentos eletromecânicos. A falta de controlo dos caudais que afluem à rede, e por consequência ao sistema elevatório, resultam numa importante indeterminação. A retenção excessiva do esgoto poderá por em causa as condições de septicidade, criando condições para a sua entrada em putrefação.

Pelas razões expostas, em sistemas elevatórios não é possível armazenar o esgoto por longos períodos de tempo, por forma a que seja bombado nas horas de vazio – energia mais barata. Assim, um variador de velocidade nas bombas de esgotos permite reduzir o caudal e adapta-lo ao caudal de chegada à estação, devendo no entanto ter-se em atenção as restrições regulamentares de velocidade e diâmetro mínimo, uma vez que, ao diminuir a velocidade na conduta elevatória para velocidades abaixo da velocidade mínima regulamentar (0,7m/s), aumentam-se os depósitos e as perdas de carga.

Com o variador de velocidade o rendimento das bombas de esgotos é afetado como as de água, ou seja, em mais de 50% dos casos não se consegue aumentar o rendimento, embora sejam muito úteis na forma como permitem a melhor adaptação do sistema às solicitações reais.

Se pensarmos num sistema de dimensão considerável, com bombagens “em série”, ou seja, que o mesmo esgoto seja obrigado a passar por várias estações elevatórias sequencialmente, deve ter-se presente que as estações elevatórias aumentam os fatores de ponta da rede. Por exemplo, quando uma estação elevatória, bomba direta ou indiretamente para uma outra estação elevatória, esta última resultará substancialmente maior. Para além disso, se a primeira estação elevatória estiver sobredimensionada, a segunda estação terá que ser sobredimensionada pelo menos do mesmo valor, caso contrário o poço de bombagem transbordará. Outra solução será acrescentar ao poço de

bombagem da segunda estação, um suplemento igual ao volume do poço de bombagem da primeira, qualquer que seja o sobredimensionamento desta. Nestes casos, os variadores de velocidade também poderão dar uma ajuda.

No que se refere à estação elevatória propriamente dita, ao dimensionamento dos grupos eletrobomba e do poço de bombagem, como se pode concluir o espectro de ação com vista à otimização do sistema não é muito alargado, no entanto, o dimensionamento do poço de bombagem que concilie a preservação das condições de septicidade do esgoto e, simultaneamente respeite um número máximo de arranques por hora admissível do ponto de vista do desgaste mecânico do sistema, corresponderá já a uma boa otimização.

O perfil da conduta elevatória terá também uma importância relevante no consumo da energia, uma vez que, a existência de pontos altos e baixos resulta na acumulação de óleos e gorduras nos primeiros e areias e detritos pesados nos segundos, aumentando o consumo de energia e reduzindo o caudal.

Em alternativa aos sistemas elevatórios, por vezes é possível optar por soluções gravíticas em pressão. Estas soluções, como por exemplo um sifão invertido, permitem evitar a introdução dos grupos eletrobomba, mas não dispensam a execução da obra de entrada, uma vez que são muito mais suscetíveis a acumulação de detritos e consequentemente a entupimentos.

#### 4.3.4.2. Gestão Otimizada dos Sistemas

A gestão dos sistemas está fortemente condicionada com a sua conceção, acrescentando ainda uma maior incerteza relacionada com a maior imprevisibilidade das solicitações. Um dos fatores que mais condiciona esta imprevisibilidade é a forma como se processa a passagem da água da rede de abastecimento para a rede de drenagem, uma vez que não se trata de uma passagem direta, funcionando cada consumidor como um “reservatório de retenção”. Outros dos fatores é a descarga de efluentes de instalações industriais, que embora legalmente devam ser equalizadas, muitas vezes verificam-se picos de descarga. Finalmente, temos a parcela das infiltrações na rede, esta depende essencialmente das condições meteorológicas e dos níveis freáticos.

Em consequência do exposto, e verificando-se que apenas há lugar à medição de caudal no “fim” da rede, uma vez que, mesmo havendo medidores de caudal à saída das estações elevatórias, estes de pouco servem para a gestão global do sistema, não sendo possível, à entidade gestora agir diretamente e, em tempo útil sobre alguma anomalia detetada, tendo as ações sobre a rede um carácter corretivo e preventivo, e sendo fruto de alguma anomalia detetada anteriormente.

Não se pense no entanto, que o controlo do caudal afluente à estação de tratamento não é importante. No que se refere à gestão da rede a montante, a medição de caudal é importante para deteção de caudais anómalos, por exemplo, se for detetado um volume afluente muito elevado, em período seco, por exemplo, durante a estação de estiagem, é expectável que tenha havido uma descarga ilícita, seja ela industrial ou doméstica, devendo fazer-se a inspeção da rede com o objetivo de detetar onde foi efetuada e resolver a questão pelos meios próprios. Do mesmo modo, quando a períodos relativamente longos de precipitação, se segue um volume afluente muito grande, pode indicar que a rede se encontra em franca degradação, devendo procurar-se as situações mais críticas e resolve-las tão rápido quanto possível.

No que se refere à gestão da estação de tratamento, a jusante, a medição de caudal é importante para que a entidade gestora conheça qual a verdadeira natureza dos caudais a tratar, se puramente águas residuais domésticas, ou equivalente, se águas residuais diluídas em água pluvial, o que pode alterar os tempos de retenção nos órgãos de tratamento, ou alterar a eficiência do tratamento implementado

A medição de caudal junto dos sistemas elevatórios é importante para avaliar o funcionamento dos grupos eletrobomba, uma vez que, tal como foi já referido, a acumulação de detritos na conduta elevatória, entre outros, resulta no aumento da perda de carga e consequente diminuição do caudal.

Em complemento destes sistemas, uma associação de um sistema de telegestão e televigilância, permitiria por um lado, medir os caudais em tempo real e transmitir os dados para uma central comum, e por outro dar um alerta para a equipa de manutenção, caso seja necessária alguma intervenção imediata.

O armazenamento dos dados também é importante, uma vez que permite aprofundar o conhecimento do funcionamento da rede e desta forma ajudar, por exemplo, na criação de procedimentos para resolução imediata dos problemas. A um nível de desenvolvimento posterior, são os dados recolhidos no passado que permitirão o desenvolvimento de modelos e de melhores ferramentas para uma otimização cada vez mais eficaz destes sistemas.

Do ponto de vista da otimização das intervenções a efetuar, a forma como as situações mais problemáticas são solucionadas, depende obviamente, dos meios materiais e humanos que a entidade gestora tem para agir. Obviamente, ter as ferramentas adequadas é importante, no entanto, sem que as suas equipas incorporem recursos humanos com formação adequada, capazes de usarem essas mesmas ferramentas em plenas capacidades, os custos associados à sua aquisição não terão retorno. Ou seja, a otimização da gestão e exploração dos sistemas, e em especial no caso dos sistemas de águas residuais, é um fenómeno que depende tanto dos recursos materiais (tecnologias), como dos recursos humanos.

# 5

## ASPECTOS RELATIVOS A PROJECTOS DE ENGENHARIA URBANA. OBRAS PÚBLICAS

### 5.1. PROJECTOS DE ENGENHARIA. OBRAS PÚBLICAS

Com este capítulo pretende-se fazer uma descrição geral do que consiste a elaboração de um projeto de engenharia urbana, como são os sistemas de Saneamento Básico, aflorando as condicionantes a atender, pelo facto de se tratarem frequentemente de Obras Públicas.

A organização deste capítulo foi orientada pela Portaria n.º 701-H/2008 de 29 de Julho, que revisa a Portaria de 7 de Fevereiro de 1972, à luz do Código de Contratações Públicas (CCP), uma vez que *“aprova, ao abrigo do n.º 7 do artigo 43.º do Código de Contractos Públicos (CCP), o conteúdo obrigatório do programa e do projeto de execução, (...), bem como os procedimentos e normas a adotar na elaboração e faseamento de projetos de obras públicas”*.

#### 5.1.1. FASE DE CONCURSO

Qualquer Projeto de Engenharia de Obras Públicas, pela sua natureza submetido à concorrência de mercado, começa enquadrado num dos procedimentos definidos pelo CCP – *“(a) Ajuste direto; (b) Concurso público; (c) Concurso limitado por prévia qualificação; (d) Procedimento de negociação; (e) Diálogo concorrencial.”*.

Em qualquer dos casos, o procedimento que lhe dá origem disponibiliza já informação relativa ao âmbito e objetivo do Projeto. Esta informação encontra-se incluída nas Cláusulas Técnicas Especiais.

Em grandes projetos de engenharia é comum que o Programa do Procedimento inclua já estudos técnicos preliminares, tal como definidos na Portaria n.º 701-H/2008 de 29 de Julho.

De uma maneira geral o Programa do Procedimento não inclui um Programa Preliminar completo, dando antes de mais orientações no sentido de definir o sistema em causa, a área de intervenção e frequentemente uma primeira indicação do horizonte de projeto.

*“Artigo 3.º Programa preliminar*

*1 — O Programa preliminar contém, além de elementos específicos constantes da legislação e regulamentação aplicável, os seguintes elementos, podendo alguns destes ser dispensados consoante a obra a projetar:*

*a) Objetivos da obra;*

- b) Características gerais da obra;*
- c) Dados sobre a localização do empreendimento;*
- d) Elementos topográficos, cartográficos e geotécnicos, levantamento das construções existentes e das redes de infra-estruturas locais, coberto vegetal, características ambientais e outros eventualmente disponíveis, a escalas convenientes;*
- e) Dados básicos relativos às exigências de comportamento, funcionamento, exploração e conservação da obra, tendo em atenção as disposições regulamentares;*
- f) Estimativa de custo e respetivo limite dos desvios e, eventualmente, indicações relativas ao financiamento do empreendimento;*
- g) Indicação geral dos prazos para a elaboração do projeto e para a execução da obra.”*

#### 5.1.2. FASE DE PROJETO

Adjudicada a proposta do concorrente, entra-se em Fase de Projeto que, como definidos na Portaria n.º 701-H/2008 de 29 de Julho, apresenta as fases indicadas no ponto 1, do artigo 3.º.

*“Artigo 3.º Fases do Projeto*

*1 — O projeto desenvolve -se de acordo com as fases a seguir indicadas, podendo, algumas delas, ser dispensadas de apresentação formal, por especificação do caderno de encargos ou acordo entre o Dono da Obra e o Projetista:*

- a) Programa base;*
  - b) Estudo prévio;*
  - c) Anteprojecto;*
  - d) Projeto de Execução e Assistência técnica.*
- (...)”*

Nesta fase, são desenvolvidos uma série de estudos, de forma faseada, indispensáveis à obtenção de um produto final de qualidade.

Apresenta-se no capítulo seguinte alguns dos aspetos mais relevantes a serem considerados em cada uma das fases especificadas.

#### 5.2. ELABORAÇÃO DE UM PROJETO DE SANEAMENTO BÁSICO

Como é do senso comum, por saneamento básico entende-se o conjunto dos sistemas de abastecimento de água e drenagem que, embora sejam obviamente distintos, apresentam aspetos similares ou pelo menos paralelos.

Assim, a abordagem seguinte é feita em paralelo para estes dois tipos de sistema, e como referido, sob as orientações da Portaria n.º 701-H/2008 de 29 de Julho. Note-se que por vezes, e de acordo com o preconizado no Programa do Procedimento, algumas fases poderão estar compiladas, pese embora os aspetos a abordar sejam significativamente os mesmos.



## 5.2.1. PROGRAMA PRELIMINAR

De acordo com a legislação, os aspetos a abordar são os constantes do Quadro 5.1.

Quadro 5.1 – Aspetos a levar em consideração em fase de Programa Preliminar, de acordo com a Portaria n.º 701-H/2008 de 29 de Julho

<b>SECÇÃO IX</b> <b>Abastecimento e Tratamento de Água</b>	<b>SECÇÃO X</b> <b>Drenagem e Tratamento de Águas Residuais</b>
<b>Artigo 133.º Programa Preliminar</b> <i>São elementos especiais do Programa preliminar:</i> a) Horizonte de projeto. b) Caracterização dos aglomerados a abastecer. c) Caracterização das origens e da qualidade de água a utilizar, (...) d) Características das captações e resultados dos ensaios (...) e) Consumos atuais, urbanos e industriais e outros elementos disponíveis, nomeadamente de projeção referentes a população e caudais no ano de horizonte de projeto. f) Tipo de distribuição a utilizar em cada aglomerado. g) Relação dos prédios a abastecer, tipo e características da sua ocupação e população a servir. h) Imposições relativas a condicionamentos de impacte ambiental.	<b>Artigo 139.º Programa Preliminar</b> <i>São elementos especiais do Programa preliminar:</i> a) Horizonte de projeto. b) Caracterização dos aglomerados e ou área a servir. c) Situação atual dos aglomerados e ou área a servir (...) d) Indicação das infraestruturas existentes (...) e) Condicionamentos especiais que possam resultar das exigências (...), nomeadamente: i) Tipos de indústrias. / ii) Caracterização qualitativa e quantitativa das águas residuais industriais, (...) / iii) Regulamentos locais ou regionais de exploração ou de descarga de águas residuais industriais na rede de drenagem. f) Meio recetor da descarga do efluente (...), atuais ou previsíveis, bem como as principais características, (...) g) Imposições relativas a condicionamentos de impacte ambiental.

## Progressão dos Trabalhos

### Fase 1. Horizonte de Projeto.

Usualmente definido pelo DO, de acordo com a experiência proveniente da exploração de sistemas similares. Por defeito usa-se o valor de 40 anos, correspondendo a uma vida útil de 40 anos para a construção civil e 20 anos para os equipamentos.<sup>4</sup>

### Fase 2. Área a Servir versus Populações

A área a servir é normalmente considerada com recurso a meios cartográficos facilmente acessíveis, de grande escala, e abrangentes, como é o caso das cartas militares (1/50000) e de mapas interativos, como o *Google Earth* ou o *Bing maps*.

Apresenta-se na Figura 5.1 dois exemplos das cartas utilizadas.

<sup>4</sup> Ver aspectos abordados no capítulo 4.

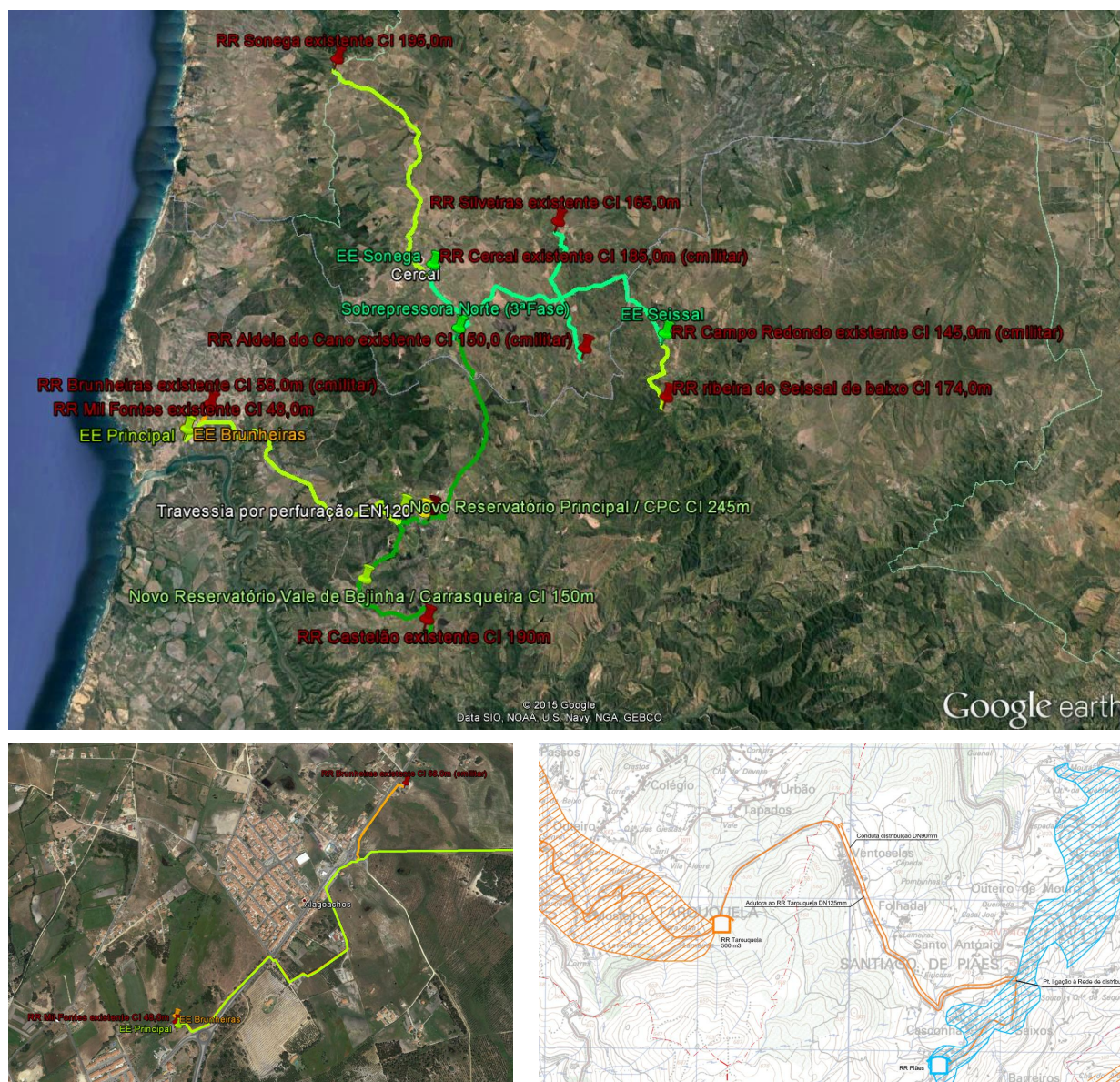


Figura 5.1 – Extrato do Google Earth e da Carta Militar de zonas interessadas aos projetos desenvolvidos – Zonas de Milfontes / Cercal e Cinfaes, prospectivamente (Fonte: FASE)

### Fase 3. Estudos Populacionais

Os estudos populacionais são normalmente elaborados com recurso a projeções estatísticas, baseadas no recenseamento da população da área a servir, tal como especificado no capítulo 4.2.

Estes estudos estão associados à dispersão geográfica da área a servir, normalmente designadas por NUTS<sup>5</sup>.

O estudo populacional estende-se, para além das populações residentes, à população flutuante residencial, bem como à população flutuante propriamente dita, e à sua projeção no decorrer do período de vida útil da obra.

<sup>5</sup> NUTS - Nomenclatura das Unidades Territoriais para Fins Estatísticos para as unidades territoriais portuguesas, definidas pelo Decreto-Lei n.º 46/891.

Em alternativa ao estudo dos CENSOS, é também comum proceder-se à contagem dos edifícios e à sua classificação por tipologia. Este método é mais aplicado para os sistemas “em baixa”, já que permite a afetação da população a zonas muito restritas, permitindo a determinação de caudais por ruas, pequenas bacias, etc., de áreas inferiores às NUTS.

Apresenta-se na Figura 5.2, um gráfico típico de um estudo populacional.

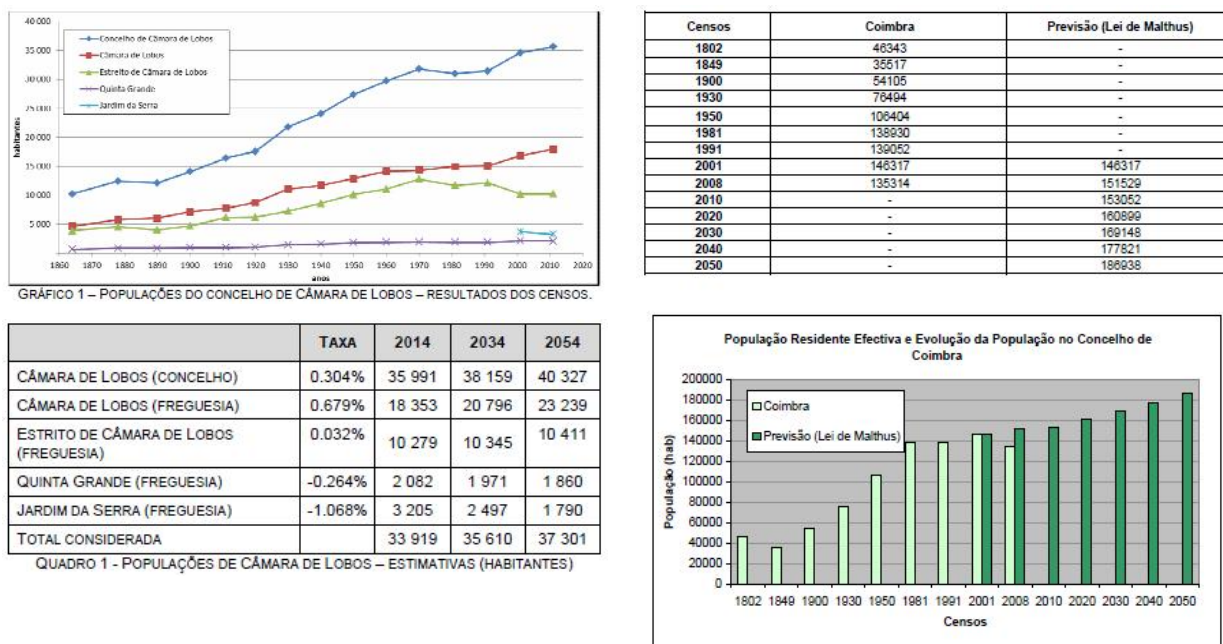


Figura 5.2 – Gráfico da evolução populacional e projeção para o HP, zona interessada ao projeto da ETAR de Câmara de Lobos e para o Concelho de Coimbra (Fonte: Consórcio FASE/NORÁQUA e FASE)

#### Fase 4. Levantamento de Macro consumidores

Como macro consumidores deve entender-se os grandes consumidores de água potável e os grandes produtores de efluente passível de ser descarregado na rede doméstica.

O levantamento dos macro consumidores pressupõe um domínio exaustivo da zona a intervir, por forma a conhecer os grandes consumidores já implementados, como por exemplo indústrias e grandes estabelecimentos de comércio e serviços, bem como do ordenamento do território, e dos planos de investimento da zona em causa.

Ao estudo dos macro consumidores está também ligado o estudo dos consumos específicos de cada um deles, uma vez que não se tratam de consumos passíveis de serem avaliados à luz das metodologias preconizadas para os consumos domésticos.

#### Fase 5. Consumos e Caudais

Os consumos e caudais podem ser determinados com base nas metodologias apresentadas no capítulo 4.2.

Não obstante, os consumos deverão, se possível, ser validados com recurso a dados reais. São exemplo desse tipo de dados, as séries temporais retiradas de medidores de caudal com datalogger, ou em



alternativa a medição acumulada do volume de água consumido, que permite averiguar pelo menos consumos mensais.<sup>6</sup>

O tratamento destes dados é puramente estatístico.

Apresenta-se na Figura 5.3 dois gráficos tipo referentes a uma de mensal de caudais médios diários e uma série diária de caudais instantâneos.

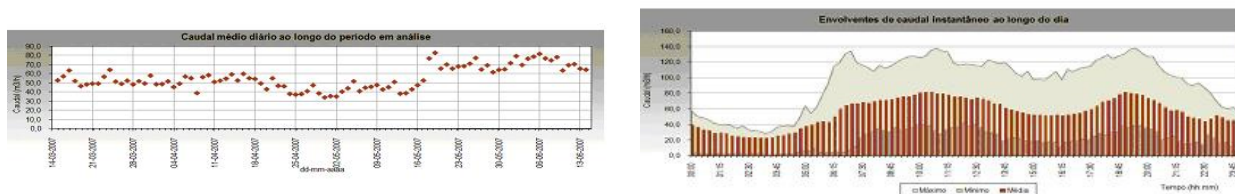


Figura 5.3 – Séries de Medição retiradas das campanhas de medição efetuadas em Vieira do Minho, no âmbito do “Plano de Minimização de Perdas de água, nos Concelhos de Fafe, Póvoa de Lanhoso e Vieira do Minho” (Fonte: Consórcio AMBIO/ATKINS/FASE)

## Fase 6. Traçados preliminares e esquemas gerais de funcionamento

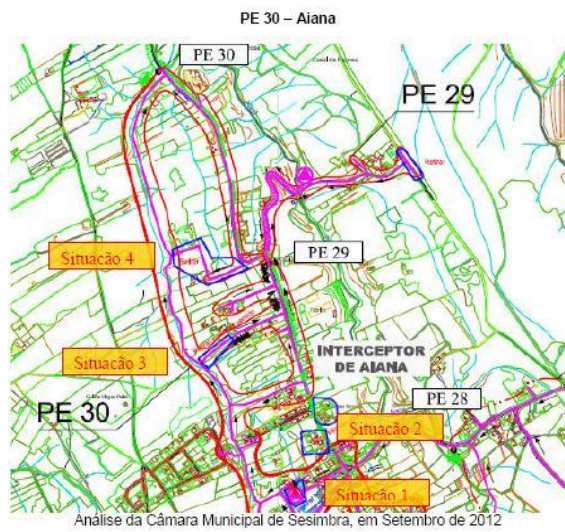
Os traçados preliminares são usualmente feitos em gabinete, e servem como base para os trabalhos de campo a desenvolver.

Nesta fase, são estudadas cartografias e fotografia aérea, com o objetivo de escolher traçados otimizando os seguintes aspetos:

- Altimetria da zona de intervenção;
- Traçados, nomeadamente em função do tipo de ocupação do solo, do tipo de infraestrutura viária, etc.;
- Localização das Infraestruturas existentes.

Apresenta-se na Figura 5.4 o exemplo de um estudo preliminar de traçado, e na Figura 5.5 duas fotografias que exemplificam o trabalho de levantamento de infraestruturas existentes.

<sup>6</sup> O primeiro caso (datalogger), é óptimo para a validação dos sistemas “em baixa”, já que permite aferir padrões e tendências de consumo ao longo de curtos períodos de tempo, e. ex. diários. O segundo caso, medição volumétrica acumulada é “suficiente” para validar consumos dos sistemas em “alta”, já que permite normalmente apenas aferir tendências mensais. Lembra-se que os sistemas “em alta” são dimensionados para o caudal médio diário do mês de maior consumo / dia de maior consumo.



Extracto de Imagem Aérea

- A linha de construções paralelas à linha de água não permite a execução da rede gravítica paralela a um dos limites de propriedade, já que, as construções se encontram perpendiculares à linha de água, murados por vedações em betão / alvenaria em que por vezes existem anexos contíguos.

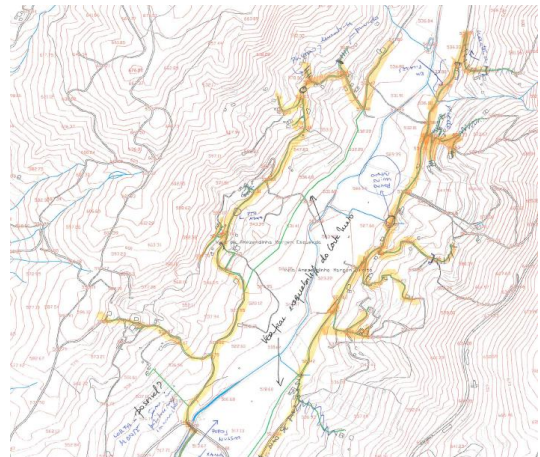
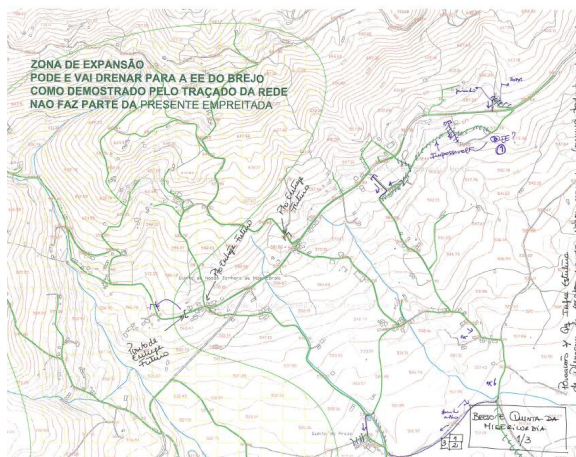


Figura 5.4 – Exemplo de um estudo de traçado. Plantas de trabalho elaboradas no âmbito do “Projeto das Redes de Drenagem do Concelho de Sesimbra – Lote Poente” (Fonte: FASE)





Figura 5.5 – Fotografias tiradas ao longo de várias visitas de campo. Vários projetos (Fonte: FASE)

**Fase 7. Levantamento e caracterização das captações / meio hídrico recetor**

Trata-se normalmente de um estudo isolado, e desenvolvido em fase anterior, uma vez que as características da captação, ou do meio hídrico recetor, condicionam todo o sistema, desde a definição do processo de tratamento, até ao próprio dimensionamento das infraestruturas.

Numa primeira fase, há aspetos gerais, que devem ser abordados, tais como:

- Quantidade de água;
- Qualidade da água;
- Garantia de funcionamento;
- Economia das instalações;
- Localização.

No que se refere às captações para abastecimento de água, a fonte de água condiciona logo à partida o tipo de captação, superficial ou subterrânea.

Escolhida a fonte e tipo de captação, é necessário proceder a um trabalho de levantamento com vista a averiguar se a quantidade de água disponível é suficiente para fazer face aos consumos, especialmente na época de estiagem onde caudal no meio hídrico diminui, e o consumo aumenta.

Paralelamente, deve haver lugar a uma campanha de análises de qualidade, por forma a fazer uma acompanhamento anual dos parâmetros mais significativos - alcalinidades, cloretos, ferro total, cor, turbidez e pH.

No caso dos sistemas de tratamento de águas residuais, a dimensão e qualidade da água do meio hídrico, bem como a sua sensibilidade, determinam sobretudo o grau de tratamento que deve ser aplicado ao efluente.

**Fase 8. Levantamento de Condicionantes**

Embora a legislação refira apenas condicionantes ambientais, poderá ser vantajoso efetuar também o levantamento de outras condicionantes, nomeadamente ao nível do ordenamento do território.

Não obstante, as condicionantes mais relevantes são normalmente:

- REN – Reserva Ecológica Nacional, é uma estrutura biofísica que integra o conjunto de tipologias que, pelo valor e sensibilidade ecológicos ou pela exposição e suscetibilidade perante riscos naturais, são objeto de proteção especial. O regime jurídico da REN consta do Decreto-Lei n.º 166/2008, alterado e republicado pelo Decreto-Lei n.º 239/2012, de 2 de Novembro.
- RAN – Reserva Agrícola Nacional, define-se como o conjunto de terras que, em virtude das suas características, em termos agroclimáticos, geomorfológicos e pedológicos, apresentam maior aptidão para a atividades agrícola. O regime jurídico da RAN consta do Decreto-Lei n.º 73/2009, de 31 Março.
- Rede Natura 2000, definida como a rede ecológica para o espaço comunitário da União Europeia resultante da aplicação da Diretiva 79/409/CEE do Conselho, de 2 de Abril de 1979 (Diretiva Aves) e da Diretiva 92/43/CEE (Diretiva Habitats) que tem como finalidade assegurar a conservação a longo prazo das espécies e dos habitats mais ameaçados da Europa, contribuindo para parar a perda de biodiversidade. Constitui o principal instrumento para a conservação da natureza na União Europeia.



- DPH - Domínio Público Hídrico, zona associada a linhas e lençóis de água, e respetivas margens, que constituem um conjunto de bens que pela sua natureza são considerados de uso público e interesse gera. O regime jurídico do DPH consta do Decreto-Lei nº 468/71, de 5 de Novembro.

A título de exemplo, apresenta-se na Figura 5.6 a implantação da Rede Natura 2000.

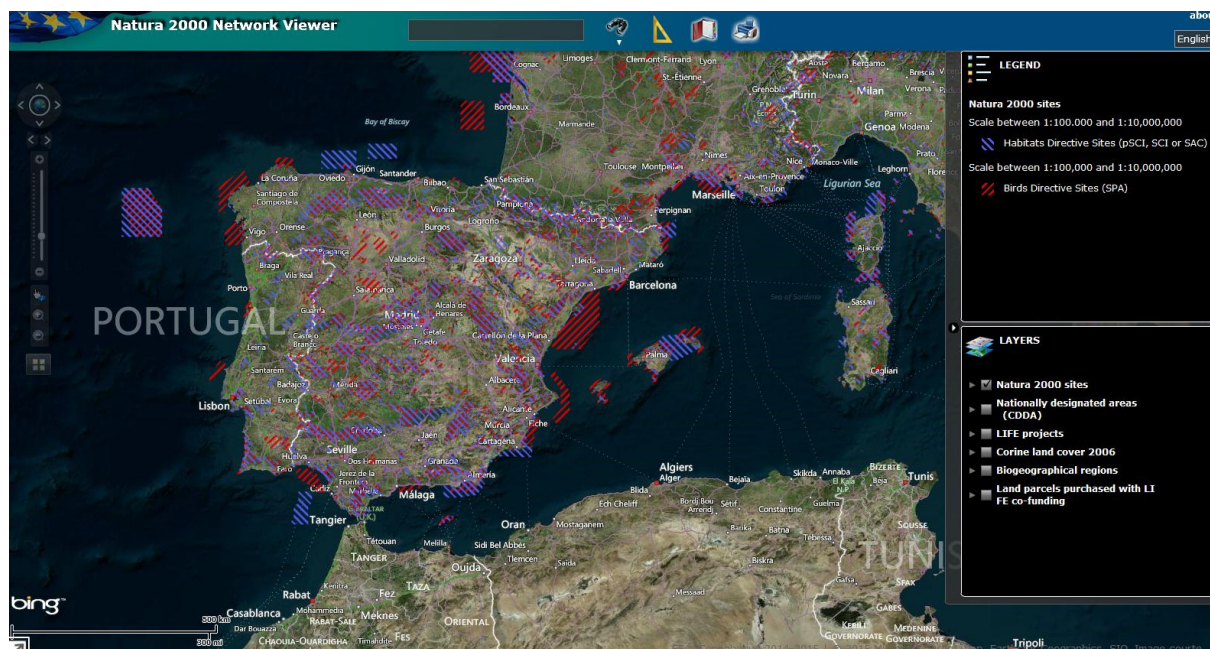


Figura 5.6 – Rede Natura 2000, mapa digital interativo (retirado de <http://natura2000.eea.europa.eu/>)

### 5.2.2. PROGRAMA BASE

De acordo com a legislação, os aspetos a abordar são os constantes do Quadro 5.2.

De uma maneira geral as atividades a desenvolver nesta fase resultam de aprofundar, especificar alguns aspetos já abordados anteriormente. Pode considerar-se que se mantém as metodologias, sendo este passo uma iteração importante para a validação da configuração base do sistema, ou para a própria conceção do sistema, se aplicável.

Nesta fase, ficam concluídos os comumente designados “Dados de Base”, nomeadamente Populações e Consumos.



Quadro 5.2 – Aspetos a levar em consideração em fase de Programa Base, de acordo com a Portaria n.º 701-H/2008 de 29 de Julho

SECÇÃO IX Abastecimento e Tratamento de Água	SECÇÃO X Drenagem e Tratamento de Águas Residuais
<p><b>Artigo 134.º Programa Base</b></p> <p><i>São elementos especiais do Programa base:</i></p> <p>a) <i>Caracterização dos aglomerados a abastecer (...) (Ano 0 e HP)</i></p> <p>b) <i>Capacidades das origens de água utilizáveis e caudais a extrair de cada uma delas.</i></p> <p>c) <i>Consumos domésticos e industriais a satisfazer, discriminados por núcleos populacionais e sua evolução de acordo com a variação das captações e o desenvolvimento demográfico e socioeconómico previsível no horizonte de projeto.</i></p> <p>d) <i>Avaliação do consumo total e comparação com caudais disponíveis nas origens.</i></p> <p>e) <i>Caracterização dos sistemas de abastecimento existentes.</i></p> <p>f) <i>Tipo e grau de tratamento necessários (...)</i></p>	<p><b>Artigo 140.º Programa Base</b></p> <p><i>São elementos especiais do Programa base:</i></p> <p>a) <i>Caracterização dos aglomerados a abastecer (...) (Ano 0 e HP)</i></p> <p>b) <i>Captações de consumo de água e coeficiente de afluência à rede consideradas na avaliação dos caudais das águas residuais domésticas e critérios adotados para a avaliação dos caudais de águas pluviais, de infiltração, bem como das componentes relativas a águas residuais industriais.</i></p> <p>c) <i>Caracterização qualitativa ou quantitativa das águas residuais (...)</i></p> <p>d) <i>Caracterização das infraestruturas existentes de drenagem ou de tratamento de águas residuais (...)</i></p> <p>e) <i>Tipo e nível de tratamento necessário (...)</i></p> <p>f) <i>Enunciado dos critérios gerais de projeto dos diversos elementos dos sistemas de drenagem (...)</i></p>

### 5.2.3. ESTUDO PRÉVIO

De acordo com a legislação, os aspetos a abordar são os constantes do Quadro 5.3.

De uma maneira geral as atividades a desenvolver nesta fase resultam de aprofundar, especificar alguns aspetos já abordados anteriormente. Pode considerar-se que se mantém as metodologias, sendo este passo uma iteração importante para a validação da configuração base do sistema, ou para a própria conceção do sistema, se aplicável.

Nesta fase, ficam concluídos os comumente designados “Dados de Base”, nomeadamente Populações e Consumos.

Quadro 5.3 – Aspetos a levar em consideração em fase de Estudo Prévio, de acordo com a Portaria n.º 701-H/2008 de 29 de Julho

SECÇÃO IX Abastecimento e Tratamento de Água	SECÇÃO X Drenagem e Tratamento de Águas Residuais
<p><b>Artigo 135.º Estudo Prévio</b></p> <p><i>São elementos especiais do Estudo prévio:</i></p> <p>a) Definição esquemática dos traçados alternativos, em planta e perfil, da exequibilidade técnica e ambiental e das suas condições económicas e financeiras, de primeiro investimento, de operação e de manutenção.</p> <p>b) Definição esquemática dos diversos elementos que compõem o sistema (...), nomeadamente os relativos a:</p> <p>i) Captação. / ii) Adução, incluindo sistemas elevatórios. / iii) Tratamento. / iv) Armazenamento. / v) Distribuição.</p> <p>c) Comparação técnico-económica e ambiental das diversas soluções alternativas.</p> <p>d) Definição e justificação do programa de reconhecimento, através de prospeção geológica e geotécnica e ensaios laboratoriais, (...)</p>	<p><b>Artigo 141.º Estudo Prévio</b></p> <p><i>São elementos especiais do Estudo prévio:</i></p> <p>a) Definição esquemática do conjunto das soluções alternativas e dos principais indicadores económico financeiros relativos à instalação e à exploração.</p> <p>b) Definição esquemática, para cada uma das soluções alternativas, dos diversos elementos que compõem o sistema de drenagem ou das instalações de tratamento, ilustrando a respetiva interligação com eventuais sistemas existentes a montante ou a jusante.</p>

## Progressão dos Trabalhos

### Fase 1. Definição Geral da Solução ou Soluções

É nesta fase que há lugar à definição geral das soluções alternativas, nomeadamente no que se refere a traçados e órgão complementares. É também nesta fase que são determinados os caudais de dimensionamento de cada infraestrutura, bem como os cenários de funcionamento.

A título de exemplo apresentam-se na Figura 5.7, o esqueleto de duas soluções alternativas para um sistema de abastecimento de água.

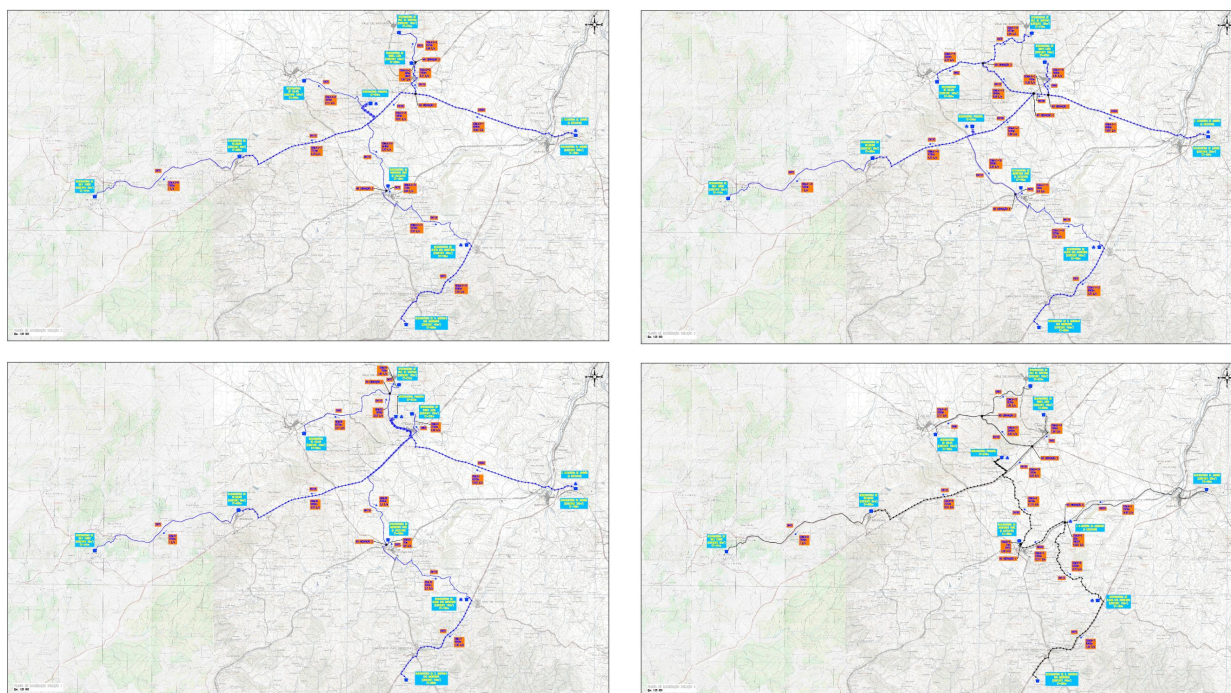


Figura 5.7 – Esqueleto de duas Soluções Alternativas estudadas em fase de Estudo Prévio para do “Sistema Adutor de Expansão em Odemira” (MRII) (Fonte ATKINS)

Paralelamente, devem ser estudada a definição esquemática de cada um dos órgãos, nomeadamente:

- Conduatas e Redes de Drenagem – Plantas de Implantação e Perfis simplificados.
- Reservatórios – Definição de formas e Capacidade
- Estações Elevatórias – Caudais de Bombagem, Alturas manométricas e potências dos grupos
- Estações de Tratamento – Definição do Processo / Linha de tratamento, bem como Definição de formas e Volumes dos diversos órgãos.

A título de exemplo apresentam-se na Figura 5.8, a definição de duas soluções alternativas um reservatório de abastecimento “em baixa” – i) reservatório apoiado dotado de central hidropressora para pressurização da rede de abastecimento da zona alta; ii) reservatório elevado.

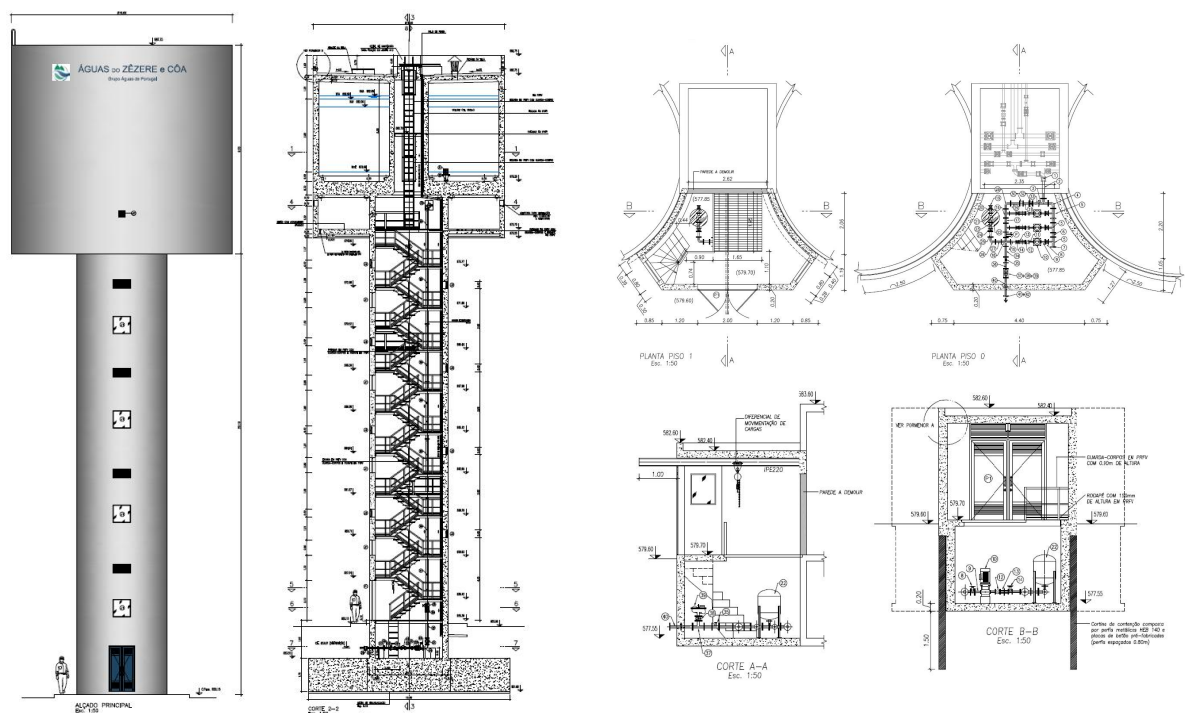


Figura 5.8 – Definição de Soluções Alternativas para reservatórios (ex: RR Elevado de Castanheira e RR apoiado e hidropressora de Colmeal da Torre, retirados do “Projeto de Resolução de Condicionantes ao Abastecimento de Água (Alta-Baixa) – Lote I”(Fonte: FASE)

## Fase 2. Pré-dimensionamento Hidráulico

A conceção geral de uma solução passa obviamente pela validação do seu funcionamento do ponto de vista hidráulico. É portanto obrigatório que em sede de Estudo Prévio se proceda ao pré-dimensionamento do sistema e dos diversos órgãos que o compõe.

Nesta fase, é comum recorrer-se a metodologias de cálculo simplificadas<sup>7</sup>.

<sup>7</sup> A título de exemplo, refere-se a fórmula de Hazen –williams, para o pré-dimensionamento das conduatas, ou a fórmula proposta pelo ponto 10 do Artigo 70.º do Regulamento, para determinação das capacidades dos reservatórios.

É o cálculo hidráulico de pré-dimensionamento que dá suporte aos elementos gráficos especificados no ponto anterior.

### Fase 3. Estudos de Viabilidade Técnico-Económica

Finalizadas as fases anteriores, é necessário o desenvolvimento de estudos técnicos de apoio à decisão.

Estes estudos, comumente designados por Estudos de Viabilidade Técnico-Económica, incluem as fases anteriores, acrescidas de um estudo económico que deve incluir a análise de pelo menos os custos de investimento e exploração de cada uma das soluções apresentadas.

Os custos de investimento resultam de uma estimativa orçamental das obras associadas a cada solução, enquanto os custos de exploração são muitas vezes reduzidos aos custos de energia e operação, desprezando-se o custo de manutenção das infraestruturas.

### Fase 4. Comparação de Soluções

Trata-se da fase final do estudo, e tem como principal objetivo enumerar as vantagens e desvantagens de cada uma das soluções, associando-as obviamente aos custos a curto e longo prazo.

#### 5.2.4. ANTEPROJETO

De acordo com a legislação, os aspetos a abordar são os constantes do Quadro 5.4.

Tal como foi referido relativamente ao Programa Base / Programa Preliminar, as atividades a desenvolver em Anteprojeto resultam de aprofundar, especificar grande parte dos aspetos abordados em Estudo Prévio.

Não obstante, a existir, esta é uma iteração importante uma vez que é nesta fase que deve ficar totalmente definida a solução a pormenorizar em sede de Projeto de Execução.

Quadro 5.4 – Aspetos a levar em consideração em fase de Anteprojeto, de acordo com a Portaria n.º 701-H/2008 de 29 de Julho

<b>SECÇÃO IX</b> <b>Abastecimento e Tratamento de Água</b>	<b>SECÇÃO X</b> <b>Drenagem e Tratamento de Águas Residuais</b>
<b>Artigo 136.º Anteprojeto</b>  <i>São elementos especiais do Anteprojeto:</i> a) <i>Planta e perfil do traçado das condutas adutoras, planta do traçado das redes de distribuição; dimensionamento hidráulico (...); localização, capacidade, condições de alimentação e funcionamento dos RR (...); localização e principais características das EE e ETA e dos respetivos equipamentos eletromecânicos e instalações elétricas.</i> b) <i>Definição das condições de funcionamento do sistema, (...)</i> c) <i>Estudo geológico e geotécnico.</i> d) <i>Avaliação dos custos de investimento, (...) dos encargos de operação e de manutenção (...).</i>	<b>Artigo 142.º Anteprojeto</b>  <i>São elementos especiais do Anteprojeto:</i> a) <i>Os constantes na legislação e normas em vigor.</i> b) <i>Estudo geológico e geotécnico, quando aplicável.</i> c) <i>Testes, ensaios e inspeções apropriados a órgãos, edifícios e equipamentos, no caso de reabilitação ou ampliação física ou funcional dos mesmos.</i>

#### 5.2.5. PROJETO DE EXECUÇÃO

De acordo com a legislação, os aspetos a abordar são os constantes do Quadro 5.5.

O Projeto de Execução é um estudo de detalhe onde se produzem as peças necessárias à implantação do sistema em obra, bem como onde se definem os modos de funcionamento de cada uma das infraestruturas e órgãos do sistema.

Nesta fase são obrigatoriamente envolvidas todas as especialidades de engenharia.

Do ponto de vista hidráulico, trata-se de uma fase de verificação e validação dos cálculos anteriores, normalmente recorrendo a metodologias de cálculo mais exatas, frequentemente recorrendo a folhas de cálculo mais complexas, programas de cálculo automático e muitas vezes até de modelação, como é o caso do EPANET.

De uma maneira geral, creio poder considerar-se que o projeto de execução está já muito mais relacionado com a implementação da obra e *modus operandi* no terreno, incidindo em aspetos comuns a qualquer obra de engenharia. Há no entanto dois aspetos que do ponto de vista hidráulico são muito importantes – a modelação do sistema e a descrição do funcionamento, que para manter a nomenclatura anterior, serão abordados adiante como Fase 1 e Fase 2, prospectivamente.

Quadro 5.5 – Aspetos a levar em consideração em fase de Projeto de Execução, de acordo com a Portaria n.º 701-H/2008 de 29 de Julho

SECÇÃO IX Abastecimento e Tratamento de Água	SECÇÃO X Drenagem e Tratamento de Águas Residuais
<p><b>Artigo 137.º Projeto de Execução</b></p> <p>1 — São elementos especiais do Projeto de execução:</p> <p>a) Descrição pormenorizada de cada um dos elementos do sistema projetado, com os correspondentes dimensionamentos.</p> <p>b) Planta do esquema geral em escala adequada a uma visão integrada do sistema.</p> <p>c) Planta geral da adutora e da rede ou redes projetadas, com a indicação dos órgãos existentes a aproveitar ou integrar, localização (...), à escala 1:1.000 ou 1:2.000.</p> <p>d) Esquema geral das redes e pormenores dos respetivos nós, com a indicação dos diâmetros (...) e dos órgãos e acessórios necessários.</p> <p>e) Plantas e perfis longitudinais das condutas adutoras e a localização de todos os acessórios (...)</p> <p>f) Planta geral da estação ou das estações de tratamento de água, à escala 1:500 ou 1:1000, e respetivo esquema de funcionamento.</p> <p>g) Diagrama de blocos e perfil hidráulico da estação ou estações de tratamento de água.</p> <p>h) Definição de edifícios e de equipamentos eletromecânicos e instalações elevatórias, (...)</p> <p>i) Plantas, alçados e cortes de cada um dos elementos (...)</p> <p>j) Avaliação de custos de investimento, incluindo medições e orçamento.</p>	<p><b>Artigo 143.º Projeto de Execução</b></p> <p>1 — São elementos especiais do Projeto de Execução:</p> <p>a) Os constantes na legislação e normas em vigor.</p> <p>b) Memória descritiva do sistema (...), caracterizando pormenorizadamente cada um dos principais órgãos projetados (...)</p> <p>c) Cálculo justificativo para as condições de arranque e de horizonte de projeto e, também, para as demais condições pertinentes de exploração ou de afluência, por exemplo, situações de variações sazonais, nomeadamente:</p> <p>i) Cálculos hidráulicos (...) / ii) Cálculos processuais dos sistemas de tratamento, (...) / d) Diagrama de processo e de instrumentação (P&amp;ID), (...) / e) Descrição detalhada do sistema de supervisão das instalações (...) / f) Descrição detalhada do modo de arranque e de paragem do sistema projetado, (...) g) Descrição do modo de exploração, (...) / h) Descrição dos processos construtivos (...) / i) Medições e orçamento (...) / j) Plantas, cortes e alçados das EE, ETAR indicando a localização dos equipamentos, nas escalas 1:10, 1:20, 1:50 ou 1:100, pormenorizando cargas e atravancamentos (...)</p>

## Progressão dos Trabalhos

### Fase 1. Modelação do Sistema

É nesta fase que há lugar à definição geral das soluções alternativas, nomeadamente no que se refere a traçados e órgão complementares.

É também nesta fase que são determinados os caudais de dimensionamento de cada infraestrutura, bem como os cenários de funcionamento.

A título de exemplo apresentam-se na Figura 5.9, dois exemplos de modelação hidráulica – i) modelação estática, materializada num esquema altimétrico apoiado numa folha de cálculo de Excel, programada pela autora; ii) modelação dinâmica, resultado da introdução do sistema em programa de cálculo automático, neste caso o EPANET<sup>8</sup>.

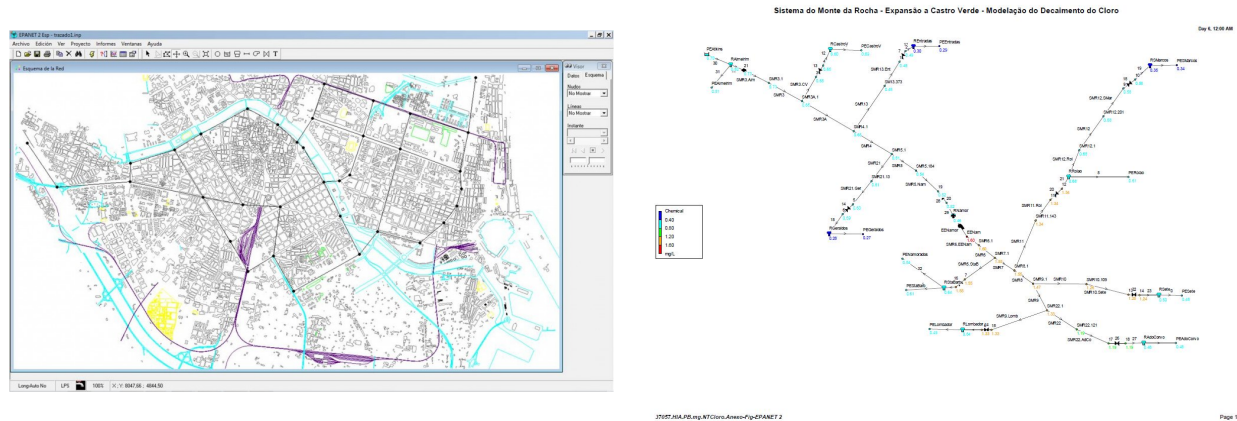


Figura 5.9 – Exemplos de Modelação Hidráulica. Ambiente EPANET de uma rede “em baixa” e Modelação do Decaimento de Cloro no “Sistema Adutor de Adução e Expansão a Castro Verde” (Fonte: Consórcio ATKINS/FASE)

## Fase 2. Descrição do Funcionamento

É também em fase de Projeto de Execução que deve ser feita a descrição pormenorizada do funcionamento do sistema, dando as devidas orientações para a sua viável exploração.

Nesse sentido, devem ser dadas indicações relativas às condições de funcionamento, especialmente no que se refere a operação de equipamentos mecânicos e eletromecânicos, como por exemplo:

- Sistemas de bombagem – caudais, tempos de bombagem, pontos de funcionamento dos grupos, níveis de comando, pressões de serviço, etc.
- Reservatórios – níveis de exploração e reservas, controlo da adução e da(s) saída(s) de água;
- Redes – patamares de pressões, incluindo níveis de funcionamento das válvulas reductoras de pressão e dos seccionamentos das reses;
- Órgãos acessórios de controlo – válvulas hidráulicas, válvulas eletrificadas, controladoras de pressão e/ou caudal;
- Indicações para o comando e controlo do sistema, incluindo a comunicação entre os diversos órgão, fluxos de informação e de interdependência entre os órgão;
- Indicações para possíveis sistemas de telegestão e teleação.

## Fase 3. Projeto de Detalhe

Nesta fase, são definidos os pormenores de projeto, relativos a diferentes aspetos e especialidades. É aqui que são definidos os órgão de manobra e segurança do sistema, os circuitos hidráulicos, os

<sup>8</sup>“Desenvolvido pela U.S. Environmental Protection Agency (USEPA), Estados Unidos da América, que o distribui gratuitamente em conjunto com vários materiais de apoio. É um simulador amplamente testado e credível, que beneficia há mais de uma década de uma alargada comunidade de utilizadores em todo o mundo, a qual contribui em muito para o seu aperfeiçoamento. O código computacional e uma biblioteca de programação estão igualmente disponíveis gratuitamente. (<http://epanet.lnec.pt/>) Traduzido e adaptado em Portugal pelo Laboratório Nacional de Engenharia Civil.



materiais e modos de execução da construção civil, bem como todos os dispositivos elétricos, eletrônicos e de comunicações.

Do projeto de detalhe fazem parte aspetos tão específicos como:

- Definição completa dos circuitos hidráulicos de estações elevatórias, reservatórios e instalações de tratamento;
- Definição dos órgãos de manobra e segurança das condutas – descargas, ventosas, seccionamentos, derivações, etc.;
- Definição dos materiais e acabamentos de arquitetura e construção civil.

A título de exemplo, apresenta-se na Figura 5.10, dois exemplos da pormenorização de i) circuitos hidráulicos de um reservatório - equipamentos, ii) vãos e acabamentos – arquitetura.

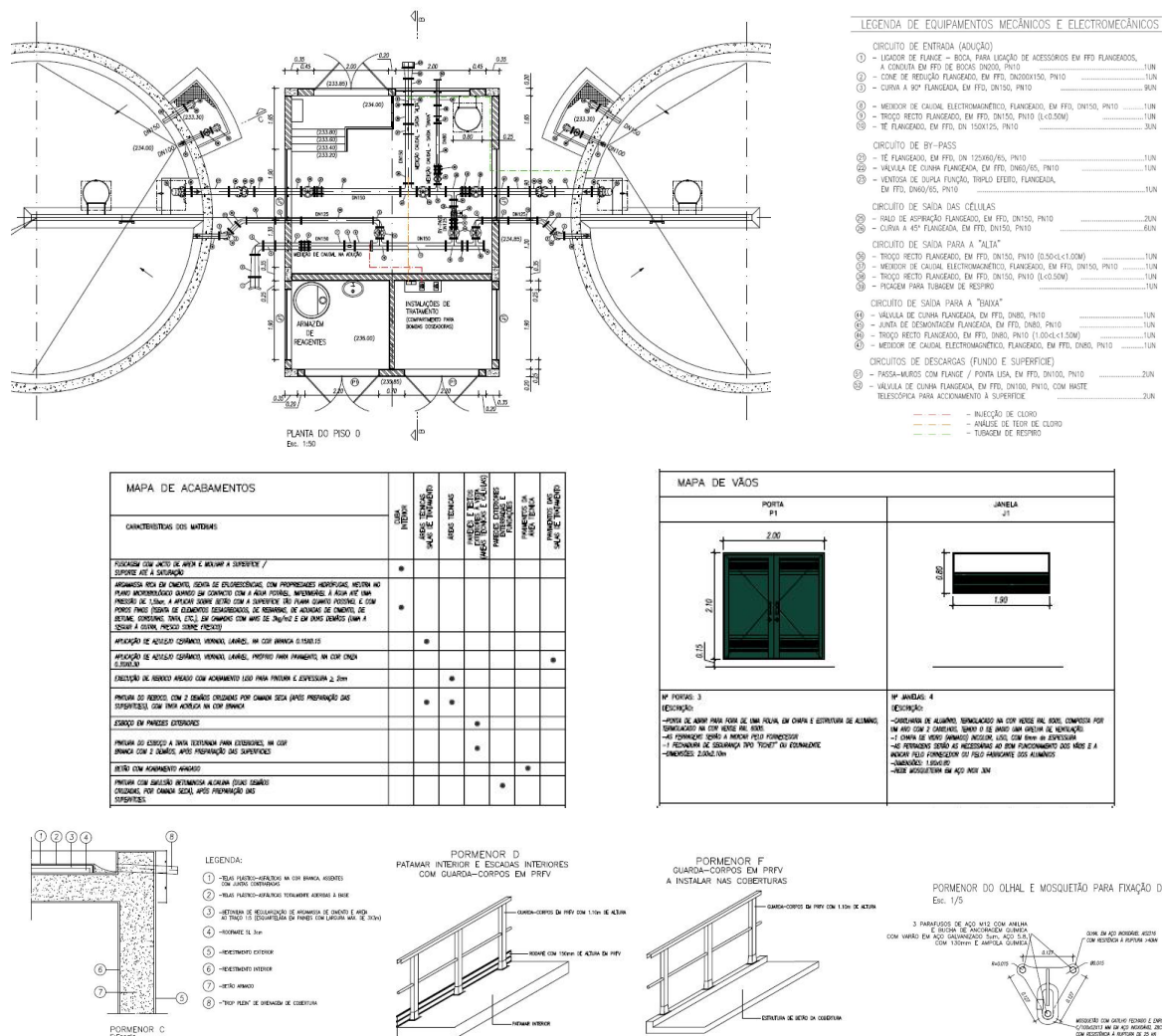


Figura 5.10 – Exemplos de Pormenorização para Projeto de Execução (Fonte: FASE)

#### **Fase 4. Documentos Complementares ao Caderno de Encargos da Empreitada**

Nesta fase, embora não propriamente incluído no Projeto de Execução, são também desenvolvidos alguns documentos complementares ao Caderno de Encargos, para lançamento da Empreitada, a saber:

- Documentos Técnico-Jurídicos: Conjunto de Especificações Técnicas, usualmente agrupadas por Construção Civil – Materiais e Trabalhos; Equipamentos e Eletricidade;
- Documentos de Gestão e Prevenção: Plano de Segurança e Saúde e Compilação Técnica em fase de projeto, Plano de Gestão Ambiental e Plano de Prevenção e Gestão de Resíduos da Construção e Demolição.

#### **Fase 5. Documentos Complementares necessários à Instrução de Processos de Licenciamento**

Os processos de licenciamento destinam-se a pedir autorização, junto da entidade competente, para uso de uma área classificada, ou interferência com outras infraestruturas. Estes processos podem ser dirigidos a entidades públicas ou privadas, quando concessionárias da infraestrutura em causa.

- Servidões e restrições de utilidade pública, de acordo com a Direção Geral de Ordenamento do Território e Desenvolvimento Urbano (DGOTDU), podem incidir sobre:
  - Recursos Naturais – Recursos hídricos / geológicos / agrícolas ou florestais / ecológicos;
  - Património Edificado;
  - Equipamentos;
  - Infraestruturas;
  - Atividade Perigosas.

#### **5.2.6. ASSISTÊNCIA TÉCNICA / ASSISTÊNCIA TÉCNICA ESPECIAL**

De uma maneira geral resume-se apoio técnico que o Projetista deve dar ao Dono de Obra e Fiscalização, no decorrer dos trabalhos de execução.

De acordo com a legislação, as obrigações do projetista em fase de execução da obra são os constantes do Quadro 5.6.

Quadro 5.6 – Aspetos a levar em consideração em fase de Projeto de Execução, de acordo com a Portaria n.º 701-H/2008 de 29 de Julho

<b>SECÇÃO IX</b> <b>Abastecimento e Tratamento de Água</b>	<b>SECÇÃO X</b> <b>Drenagem e Tratamento de Águas Residuais</b>
<b>Artigo 138.º Assistência Técnica Especial</b> <i>No projeto de infra-estruturas de abastecimento (...) deve implicar uma assistência técnica especial, a prestar pelo Projetista, a qual compreende (...):</i> <ol style="list-style-type: none"> <li><i>A apreciação técnico-económica de alternativas submetidas pelo empreiteiro durante a execução da obra.</i></li> <li><i>A análise de resultados de ensaios de caracterização geotécnica, de caracterização de materiais, de equipamentos (...)</i></li> <li><i>A apreciação dos resultados obtidos no âmbito da monitorização ou instrumentação.</i></li> <li><i>A adaptação do projeto às condições reais da empreitada.</i></li> </ol>	<b>Artigo 144.º Assistência Técnica Especial</b> <i>Para efeitos do disposto no artigo 10.º (...), constituem elementos especiais:</i> <ol style="list-style-type: none"> <li><i>Acompanhamento das atividades de operação ou de manutenção do sistema (...)</i></li> <li><i>No que respeita a EE, ETAR e outros edifícios, os elementos especiais da assistência técnica são acordados entre o Dono da Obra e o Projetista (...)</i></li> <li><i>(...)</i></li> </ol>



# 6

## BREVE DESCRIÇÃO DOS TRABALHOS MAIS RELEVANTES DESENVOLVIDOS NA ÁREA DE HIDRÁULICA E RECURSOS HÍDRICOS

### 6.1. SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

#### 6.1.1. ESTUDO E CONCEÇÃO DE SISTEMAS ADUTORES EM ALTA, DESENVOLVIDO EM CONTÍNUO PARA A ÁGUAS PÚBLICAS DO ALENTEJO (AGDA)

Desde 2010 que a AgdA tem sido um dos clientes mais contínuos da UNA. Nestes últimos cinco anos, a FASE, sozinha ou em consórcio tem vindo a desenvolver vários trabalhos para esta empresa, incidindo especialmente nos concelhos de Ourique, Castro Verde, Almodôvar e Odemira.

Dos trabalhos desenvolvidos fazem parte os Sistemas do Monte da Rocha – Adução a Ourique e Expansão a Castro Verde (MRI) e Adução e Expansão a Almodôvar e Odemira (MRII), bem como a Expansão em Odemira – Adução ao Cercal.

Todos os projetos desenvolvidos assentam em pressupostos de otimização muito restritos, tanto ao nível do investimento inicial, como da exploração dos sistemas, passando pela máxima flexibilização dos sistemas e integração com as infraestruturas existentes, bem como uma conceção geral cuidada, que vá de encontro a um faseamento dos investimentos na construção dos sistemas, com maximização dos serviços prestados.

Assim, apresenta-se de seguida a descrição geral dos sistemas, bem como algumas das especificidades de cada um deles.

#### 6.1.2. PROJETO DE EXPANSÃO EM ODEMIRA - ADUÇÃO AO CERCAL - S. LUÍS<sup>9</sup>

##### 6.1.2.1. Descrição Geral

O sistema adutor que constitui o Projeto de Expansão em Odemira – Adução ao Cercal, terá início na ETA de Almogrove, e inclui o abastecimento a quatro zonas geográficas, que se desenvolvem para Este de Milfontes, garantindo:

---

<sup>9</sup> Desenvolvido pela FASE para a AgdA.

- Adução a Vila Nova de Milfontes, zona mais povoada do concelho de Odemira;
- Adução a S. Luís, Cortinhas, Vale de Bejinha e Castelão, zona Sul do sistema;
- Adução a Campo Redondo, Ribeira do Seissal e Silveiras, zona Este do sistema;
- Adução ao Cercal e Sonega, zona Norte do sistema e pertencente ao concelho de Santiago do Cacém.

O projeto foi concebido para ser construído faseadamente, abastecendo os consumidores sequencialmente, de montante para jusante.

O horizonte de projeto considerado foi de 40 anos, tendo a população a servir no horizonte de projeto sido estimada em 14 mil habitantes.

A área de influência do sistema é de praticamente 200 quilómetros quadrados, apresentando o sistema de condutas uma extensão total de cerca de 80 quilómetros.

#### 6.1.2.2. Aspetos Gerais da Conceção

A solução aprovada pela AgdA, foi a designada Solução Alternativa, cuja filosofia de conceção assenta nos seguintes aspetos:

- Minimizar os traçados de condutas ao longo de estradas pavimentadas, passando sempre que possível em caminhos de terra;
- Reduzir o número de RR novos, aproveitando sempre que possível as capacidades instaladas, e aproveitando todos os reservatórios existentes na área de influencia do sistema;
- Reduzir o número de RR novos na zona sul, abastecendo pelo menos duas povoações com o mesmo RR, uma vez que a densidade de RR novos prevista para esta zona era muito elevada.

#### 6.1.2.3. Caudais de Dimensionamento

Os caudais de dimensionamento foram determinados com base nos dados populacionais das povoações da área de influência do sistema, constantes dos CENSOS de 2011 e na análise dos consumos registados em 2011 e 2012 nos diversos pontos de entrega atuais da AgdA.

Numa primeira fase foram determinados os caudais designados por Caudais Teóricos. Estes caudais são função da população residente retirada dos CENSOS de 2011, acrescida da população flutuante, esta ultima determinada com base no número de alojamentos vagos existentes em cada uma das povoações.

Os Caudais Teóricos foram aferidos considerando a população total (residente e flutuante), uma capitações de 180l/hab.dia e um facto de perdas e fugas de 20%.

Paralelamente, foram analisadas as medições dos caudais de alguns dos pontos de entrega atuais, provenientes das campanhas de medições levadas a cabo pela AgdA. A análise destes dados, teve como objetivo validar os Caudais Teóricos anteriormente apresentados, por forma a que:

- Não sejam considerados caudais demasiado excessivos, uma vez que nesta zona do país, em termos de populações, o ano HP coincide tendencialmente com o ano de início de exploração, e a consideração de caudais muito grandes resultam inevitavelmente num investimento sem retorno;
- Não sejam considerados caudais demasiado reduzidos, uma vez que se trata de uma zona balnear, onde a população flutuante em época de estiagem assume um volume muito

significativo, e com captações frequentemente bastante superiores às captações comuns para a população residente. Há a considerar também outros fatores característicos das zonas balneares que não são diretamente refletidos pela população, tais como regas, enchimentos de piscinas, consumos comerciais e de serviços, etc..

A origem da adução será, no futuro a ETA de Almogrove. Desta estação de tratamento de água sairá uma conduta que abastecerá o reservatório apoiado de Milfontes, a partir do qual a água será encaminhada para os diversos reservatórios de distribuição.

Actualmente, a partir do reservatório apoiado de Milfontes, a água tem três destinos distintos, a adução ao reservatório elevado de Milfontes, através de um sistema elevatório, a adução gravítica ao reservatório de S. Sebastião, e a adução ao reservatório de Brunheiras, funcionando este como reservatório de extremidade.

Na configuração futura, as duas primeiras saídas de Milfontes manter-se-ão com a mesma configuração. Será alterada a adução a Brunheiras, passando a dispor de um sistema elevatório próprio, a executar, e haverá lugar à conceção de um novo sistema, criado para aduzir o ramo de S. Luís/Cercal. Este sistema terá também origem no reservatório de Milfontes e futura estação elevatória Principal, e terá como função aduzir S. Luís e Cercal como principais consumidores, e posteriormente Cortinhas, Vale de Bejinha, Carrasqueira e Castelão a Sul de S. Luís, e Sonoga, Silveiras, Campo Redondo e Ribeira do Seissal a Norte e Este de Cercal.

Para materializar este ramo do sistema, a água de Milfontes terá, em primeira instancia que chegar a S. Luís, bombada a partir de Milfontes. Acontece que, a conduta elevatória que bombará a água a partir do reservatório apoiado de Milfontes para o reservatório de S. Luís, terá necessidade de passar por um ponto alto, ponto alto esse coincidente com a localização do novo Reservatório Principal.

Como já referido, em sede de EP a AgdA aprovou a então designada **Solução Alternativa**, cujas especificidades incidem sobretudo no ramo de adução S. Luís – Cercal.

A conceção desta assenta em pressupostos comumente utilizados para este tipo de infraestruturas, nomeadamente:

Procurar traçados alternativos para minimizar a implantação de condutas implantadas ao longo de Estradas Nacionais ou faixas paralelas. Sempre que possível tentou-se minimizar também os traçados em estradas pavimentadas e ao longo de arruamentos no interior de aglomerados urbanos e semiurbanos;

Minimizar ao máximo a construção de novos reservatórios:

- Por um lado aproveitando todos os RR existentes, referimo-nos a Catifarras, e Aldeia do Cano cuja inclusão não estava prevista na configuração inicial;
- Aproveitar os RR existentes e, se necessário aumentar a sua capacidade, por exemplo através da inclusão de uma nova célula, referimo-nos a Castelão e Campo Redondo por exemplo;
- Sempre que se considere a construção de um novo RR, acumular nesse reservatório o máximo de funcionalidades possíveis, por exemplo:
  - Construção de um reservatório único para Vale de Bejinha/Carrasqueira;
  - Dotar o reservatório Principal, que serve também de câmara de carga do sistema, de capacidade suficiente para suprimir as necessidades em falta de S. Luís e cumulativamente abastecer a zona alta desta

povoação, e eventualmente a reserva para abastecer a povoação de Cortinhas.

- Minimizar o número de sistemas de bombagem a jusante do ponto alto, aproveitando o facto de o ponto alto do traçado Milfontes – S. Luís coincidir com o ponto mais alto de todo o sistema.

Passa-se então de seguida a uma caracterização mais exaustiva da solução

A origem do ramo S. Luís / Cercal é o reservatório apoiado de Milfontes. Inevitavelmente, nesta origem do abastecimento terá que ser instalado um sistema de bombagem. Neste caso, ao invés do objetivo ser bombar para S. Luís, o objetivo é bombar para o ponto alto que, como referido coincide com o ponto mais elevado do sistema e aí instalar o designado RR Principal.

Este RR foi assim designado por ser aquele que permite maximizar a distribuição de água graviticamente, ou seja, chegar a um maior número de RR a aduzir de forma gravítica, minimizando assim o desperdício de energia.

Paralelamente, este reservatório poderá acumular em si diversas funções, tais como:

- Aduzir graviticamente o ramo norte, pelo menos S. Luís e Cercal e acrescido de Sonega ou da Zona Este, bem como toda a zona Sul;
  - Este item pode assumir um papel muito relevante se considerado o faseamento da execução da empreitada. Considerando que S. Luís e Cercal são os dois maiores consumidores, o RR principal irá garantir a sua adução gravítica enquanto não forem executados os ramos extremos do sistema, ao contrário da solução base, que exigiria a execução de uma segunda estação elevatória específica para abastecer o Cercal.
- Regularizar e comandar a bombagem Principal, instalada junto do RR de Milfontes;
- Constituir uma reserva suplementar para o abastecimento a S. Luís, e eventualmente abastecer a zona alta desta povoação em melhores condições de pressão e caudal;
- Constituir o RR de abastecimento à povoação de Cortinhas;

Como se pode inferir, deste RR sairá uma conduta gravítica, que se irá bifurcar por forma a chegar a todo o sector Sul, S. Luís, Cercal e sector Este.

Posto isto, apresenta-se na Figura 6.1 o esqueleto principal do sistema concebido, bem como a localização relativa das infraestruturas existentes e a construir, nomeadamente os RR.

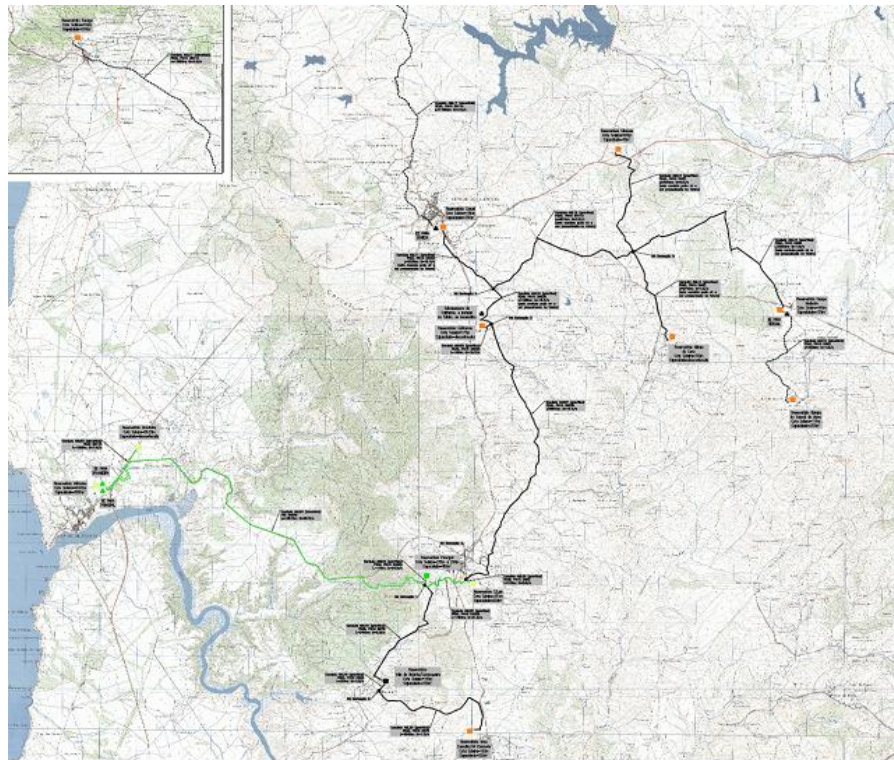


Figura 6.1 – Esquema Geral do Sistema Adutor de Adução ao Cercal. Solução Aprovada correspondente à Solução Alternativa desenvolvida em sede de Estudo Prévio (Fonte: FASE)

As principais vantagens e desvantagens desta solução podem ser inferidas da caracterização anteriormente apresentada, consistindo nos seguintes aspetos principais:

As principais vantagens desta solução são:

- Minimização do número de RR novos a construir;
- Minimização do número de sistemas elevatórios a construir;
- Otimização de traçados;
- Maior flexibilização do sistema, quer em termos de funcionamento - os grandes consumidores dependem de uma única grande bombagem que, é incontornável em qualquer das soluções, quer em termos de faseamento do investimento.

As principais desvantagens desta solução são:

- Recurso a um maior número de RR existentes, que poderão estar em más condições, implicando maiores custos de manutenção;
- Menos RR novos, o que implica uma maior distância entre os reservatórios de distribuição e os centros de consumo;
- Maiores pressões de funcionamento, associadas comumente a mais fugas e perdas;
- Maiores gastos de energia enquanto não são materializados os abastecimentos de água às zonas norte e este, onde serão melhor aproveitadas as pressões existentes.

Pese embora as vantagens e desvantagens apresentadas sejam já significativas, a favor desta solução está também a sua versatilidade em termos de funcionamento faseado.

Um faseamento de empreitadas ponderado, poderá evitar custos de exploração excessivos nos primeiros anos de funcionamento, assim, apresenta-se de seguida uma das possibilidades de faseamento da obra, inter-relacionadas com os escalões de bombagem a dispor na origem do ramo S. Luís – Cercal, ou seja, na EE Principal localizada em Milfontes.

- Fase 1. Adução a S. Luís, a desenvolver em Projeto de Execução.
- Fase 2. Extensão ao Cercal (A) ou Extensão para Sul (B)
- Fase 3. Extensão ao Cercal e a Sonega (A) ou Extensão para Sul e ao Cercal (B)
- Fase 4. Extensão ao Cercal, a Sonega e para Este (A) ou Extensão para Sul, para o Cercal e Sonega (B)
- Fase 5. Sistema Completo

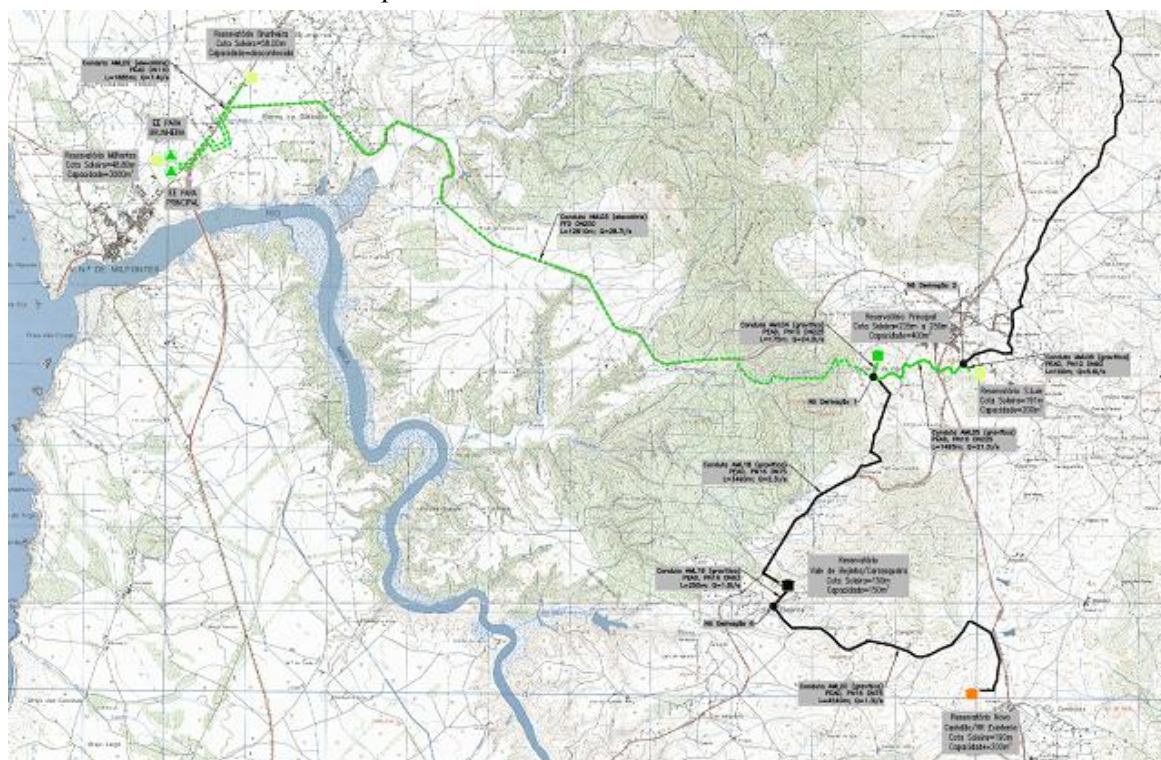


Figura 6.2 – Esquema Geral do Sistema Adutor a desenvolver para a Fase 1. Adução a S. Luís (Fonte: FASE)

#### 6.1.2.4. Listagem e Caracterização das Infraestruturas

Descrito o funcionamento do sistema, apresenta-se no Quadro 6.1 a lista de infraestruturas que compõe o sistema, bem como a sua breve caracterização.



Quadro 6.1 – Infraestruturas estudadas no âmbito do “Projeto de Expansão em Odemira - Adução ao Cercal”  
(Fonte: FASE)

Conduta	Tipo	Infraestrutura de Montante	Infraestrutura de Jusante	Comprimento (m)	Material DN PN	Caudal de Dimensionamento (MMC) (l/s)	Observações
ALM 01 Adutora Principal a Milfontes	Elevatória	ETA de Almogrove	RR Milfontes (existente, a remodelar, incluindo execução de nova célula de 1500m3)	12000.00	Existente	64.7	Adução em 20h (EP)
ALM 02 Adutora a Brunheiras	Elevatória	RR Mil Fontes / EE Brunheiras	RR Brunheiras (existente, a remodelar)	1817.00	PEAD DN200 PN10	7.4	Adução em 20h, verificar a adequabilidade da capacidade do RR Brunheiras (EP+PE)
ALM 03	Elevatória	RR Mil Fontes / EE Principal	RR Principal / Câmara de Perda de Carga (RR 400m3, a construir)	11695.50	FFD DN200 PN25 / PN40	28.7	Adução em 20h (EP+PE)
ALM 04	Gravítica (orig. elevatória)	RR Principal / Câmara de Perda de Carga	Derivação 01	931.90	PEAD DN250 PN10	23.8	O RR Principal tem que ter reserva suficiente para diluir a adução por bombagem em 20h da saída gravítica em 24h (EP+PE)
ALM 05	Gravítica (orig. elevatória)	Derivação 01	Derivação 02	1094.50	PEAD DN250 PN10	21.6	Adução em 24h (EP+PE)
ALM 06 Adutora a S. Luís	Gravítica (orig. elevatória)	Derivação 02	RR S. Luís (existente, a remodelar, 200m3)	30.00	PEAD DN110 PN10	5.4	Adução em 24h (EP+PE)
ALM 07	Gravítica (orig. elevatória)	Derivação 02	Derivação 03	8610.00	PEAD DN200 PN10	16.1	Adução em 24h (EP)
ALM 08 Adutora a Catifarras	Gravítica (orig. elevatória)	Derivação 03	RR Catifarras (existente, a remodelar)	100.00	PEAD DN63 PN10	0.5	Adução em 24h (EP)
ALM 09 Derivação para Sobrepressora	Gravítica (orig. elevatória)	Derivação 03	Sobrepressora de Catifarras (3.ª fase)	50.00	PEAD DN200 PN10	15.7	A Sobrepressora funcionará 24h, sempre que os caudais transportados não tenham energia suficiente para chegar aos RR a aduzir (EP)
ALM 10	Elevatória (orig. gravítica)	Sobrepressora de Catifarras (3.ª fase)	Derivação 04	1280.00	PEAD DN200 PN10	15.7	

Conduto	Tipo	Infraestrutura de Montante	Infraestrutura de Jusante	Comprimento (m)	Material DN PN	Caudal de Dimensionamento (MMC) (l/s)	Observações
ALM 11 Adutora ao Cercal	Elevatória· (orig. gravítica)	Derivação 04	RR Cercal (existente, a remodelar, 700m3)	2330.00	PEAD DN200 PN10	12.1	O RR Cercal tem que ter reserva suficiente para diluir a adução em 24h da saída por bombagem para Sonoga em 20h (EP)
ALM 12	Elevatória· (orig. gravítica)	Derivação 04	Derivação 05	4820.00	PEAD DN110 PN10	3.6	Adução em 24h (EP)
ALM 13 Adutora a Silveiras	Elevatória· (orig. gravítica)	Derivação 05	RR Silveiras (existente, a remodelar, 50m3)	3450.00	PEAD DN63 PN10	0.8	Adução em 24h (EP)
ALM 14 Adutora a Aldeia do Cano	Elevatória· (orig. gravítica)	Derivação 05	RR Aldeia do Cano (existente, a remodelar)	2740.00	PEAD DN63 PN10	1.0	Adução em 24h (EP)
ALM 15 Adutora a Campo Redondo	Elevatória· (orig. gravítica)	Derivação 05	RR Campo Redondo (existente, a remodelar, 150m3)	6230.00	PEAD DN63 PN10	1.8	O RR Campo Redondo tem que ter reserva suficiente para diluir a adução em 24h da saída por bombagem para Seissal em 20h (EP)
ALM 16 Adutora a Seissal de Baixo	Elevatória	RR Campo Redondo / EE Seissal	RR Seissal de Baixo (existente, a remodelar, 200m3)	3430.00	Existente	1.5	Adução em 20h, verificar a adequabilidade da capacidade da capacidade do RR Seissal de Baixo (EP)
ALM 17 Adutora a Sonoga	Elevatória	RR Cercal / EE Sonoga	RR Sonoga (existente, a remodelar, 250m3)	11990.00	PEAD DN110 PN10	3.3	Adução em 20h, verificar a adequabilidade da capacidade do RR Sonoga (EP)
ALM 18	Gravítica· (orig. elevatória)	Derivação 01	Derivação 06	3500.00	PEAD DN75 PN10	2.26	Adução em 24h (EP)
ALM 19 Adutora a Vale de Beijinha / Carrasqueira	Gravítica	Derivação 06	RR Vale de Beijinha / Carrasqueira (RR 150m3, a construir)	250.00	PEAD DN63 PN10	0.98	Adução em 24h (EP)
ALM 20 Adutora a Castelo	Gravítica	Derivação 06	RR Castelo (existente, a remodelar, 200m3)	4550.00	PEAD DN75 PN10	1.27	Adução em 24h (EP)

Para além das condutas especificadas no quadro anterior, que perfazem cerca de 80km, dos quais 16km foram desenvolvidos em Projeto de Execução, foi ainda previsto:

- O projeto de execução do RR Principal, com 400m<sup>3</sup> de capacidade, e da terceira célula do RR apoiado de Milfontes, com 1500m<sup>3</sup> de capacidade;



- A remodelação dos RR de Brunheiras e S. Luís;
- A execução da EE Principal, a instalar na câmara de manobras de Milfontes, composta por 4GEB, sendo um de reserva. Quando a funcionar plenamente, a EE bombará 30l/s a 268,5mca. Estima-se que cada grupo terá uma potência de 45kW.

### 6.1.3. REMODELAÇÃO DO SISTEMA DO MONTE DA ROCHA I. ADUÇÃO A OURIQUE E EXPANSÃO EM OURIQUE & ADUÇÃO A CASTRO VERDE E EXPANSÃO EM CASTRO VERDE<sup>10</sup>

#### 6.1.3.1. Descrição Geral

Com a entrada em funcionamento da Albufeira do Alqueva e do fornecimento por parte desta dos caudais para rega, a Albufeira do Monte da Rocha passará a ter uma maior disponibilidade de água para consumo humano.

Nesta perspetiva, é intenção da AgdA que o Sistema de Monte da Rocha aumente a sua área de atendimento, passando assim a garantir a adução de água não só aos concelhos de Ourique e de Castro Verde mas também a sua expansão/ampliação para Poente - às povoações de Garvão, Aldeia das Amoreiras, S. Martinho das Amoreiras, Amoreiras Gare, Santa Luzia, Vale de Santiago, Colos, Relíquias e Vale Ferro - e ainda à sua expansão/ampliação para Sul - às povoações de Aldeia dos Fernandes, Aldeia dos Neves, Morgadinho, Gomes Aires, Santa Clara a Nova, Almodôvar, Guedelhas, Monte das Viúvas, Santa Graça dos Padrões, Telhada e Santa Cruz.

A Expansão para Poente e Para Sul, constitui o âmbito do aqui designado Monte da Rocha II (MRII).

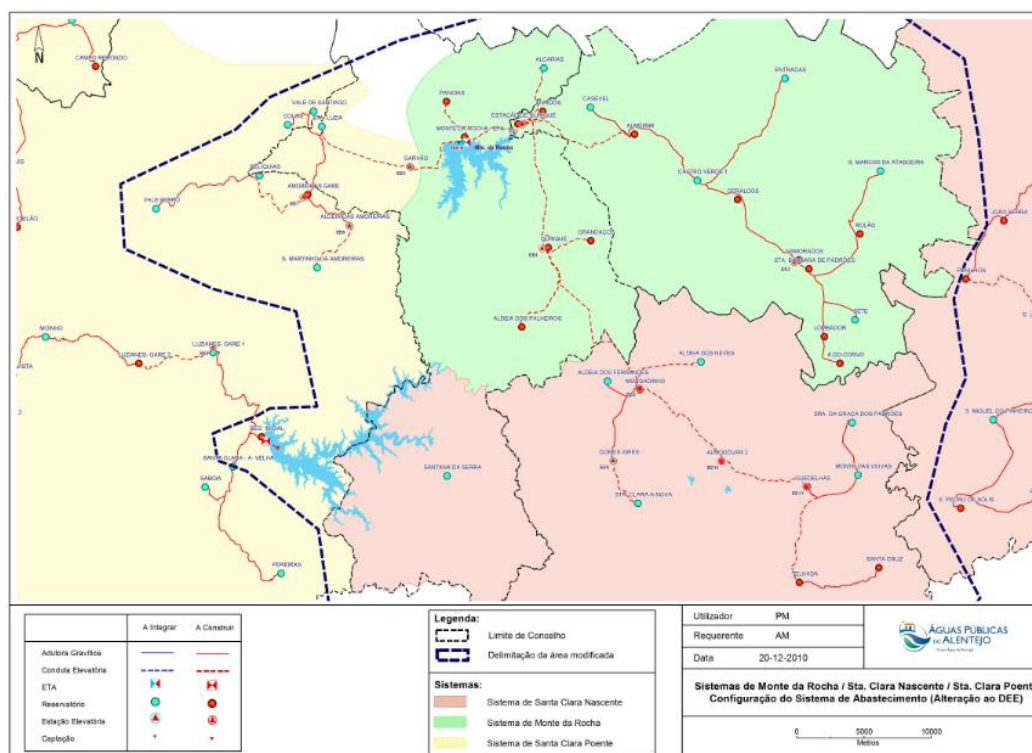


Figura 6.3 – Remodelação do Sistema do Monte da Rocha (fonte: AgdA)

<sup>10</sup> Desenvolvido pelo Consórcio ATKINS / FASE para a AgdA.

O sistema adutor de Monte da Rocha tem início na captação existente (a ampliar) na albufeira do Monte da Rocha, onde os caudais captados são conduzidos para a ETA (a reformular), seguindo a partir daí para os seus vários pontos de entrega/consumo. O objetivo da Reformulação do Monte da Rocha é unificar os pequenos sistemas instalados em diversas povoações, centralizando a produção de água para consumo humano na ETA do Monte da Rocha.

As povoações serão abastecidas de montante para jusante, pela seguinte ordem:

- Fase 1. Adução e Expansão em Ourique, que inclui a extensão até às derivações para os 3 municípios a jusante:
  - até Almeirim, prevendo a posterior expansão para o Município de Castro Verde;
  - até Garvão, prevendo a posterior expansão para o Município de Odemira;
  - até Aldeia dos Palheiros, prevendo a posterior expansão para o Município de Almodôvar;

Povoações abastecidas: Aivados, Alcarias, Conceição, Panoias, Ourique, Garvão e Aldeia dos Palheiros.

- Fase 2. Adução e Expansão em Castro Verde.

Povoações abastecidas: Almeirim, Casével, Castro Verde, Entradas, Geraldos, Namorados, Santa Bárbara de Padrões, Sete, Lombador, A-do-Corvo, Rolão, Viseus e São Marcos de Ataboeira.

- Fase 3. Adução e Expansão em Odemira.

Povoações abastecidas: Santa Luzia, Vale de Santiago, Colos, Relíquias, Vale Ferro, Amoreiras Gare, Aldeia das Amoreiras e S. Martinho das Amoreiras.

- Fase 4. Adução e Expansão em Almodôvar

Povoações abastecidas: Aldeia dos Fernandes, Aldeia dos Neves, Morgadinho, Gomes Aires, Santa Clara a Nova, Almodôvar, Guedelhas, Monte das Viúvas, Santa Graça dos Padrões, Telhada e Santa Cruz.

A remodelação do Sistema de Monte da Rocha foi dimensionada para fornecer a água tratada, em “alta”, aos concelhos de Ourique e de Castro Verde e, no futuro, a parte dos concelhos de Odemira e Almodôvar.

O sistema foi dimensionado para as necessidades totais médias diárias no mês de maior consumo, da população e da indústria, no ano horizonte de projeto.

O HP considerado foi de 40 anos, tendo a população a servir sido estimada em 96,5 mil habitantes (para MRI+MRII).

A área de influência do sistema é de praticamente 450 quilómetros quadrados (só MRI), apresentando o sistema de condutas uma extensão total de cerca de 122 quilómetros (só MRI).

#### 6.1.3.2. Aspetos Gerais da Conceção

A conceção de base deste sistema é da AdP Serviços, cabendo-nos enquanto projetistas efetuar uma análise da solução apresentada e validar os pressupostos iniciais, de acordo com os seguintes aspetos:

- Otimização dos traçados de condutas, reduzindo extensão implantada ao longo de estradas pavimentadas, passando sempre que possível em caminhos de terra;

- Otimização do número de RR novos, aproveitando sempre que possível as capacidades instaladas, e aproveitando todos os reservatórios existentes na área de influência do sistema;

#### 6.1.3.3. Caudais de Dimensionamento

Numa primeira fase, foram considerados os caudais de dimensionamento constantes do Memorando de Acessória Técnica Específica a Estudos e Projectos da AdP “Sistema de Monte da Rocha – Revisão e Ampliação da Área de Influência” de 25/11/2010, embora em fase posterior se tenha procedido à validação dos caudais para alguns subsistemas, com base nas medições disponibilizadas pelo cliente.

Verificou-se que os caudais provenientes das leituras são sistematicamente inferiores, tendo a AgdA optado por manter os caudais de dimensionamento iniciais.

#### 6.1.3.4. Configuração Global do Sistema de Remodelação do Monte da Rocha I

Como referido, a origem da adução é a ETA do Monte da Rocha, localizada junto da albufeira.

O sistema tem origem num sistema já existente, que embora as infraestruturas executadas sirvam apenas Ourique, já previa, aquando da sua execução a expansão a Castro Verde, via Almeirim, bem como a povoações mais pequenas situadas a norte, como Aivados, Alcarias e Panoias.

De uma maneira geral, o sistema cuja conceção consta do Memorando de Acessória Técnica Específica a Estudos e Projectos da AdP “Sistema de Monte da Rocha – Revisão e Ampliação da Área de Influência” de 25/11/2010, apresenta como novidade a Expansão para Sul de Ourique e Castro Verde, bem como a futura expansão a uma parte dos concelhos de Almeirim e Odemira.

Uma vez que a conceção base do sistema não foi desenvolvida pelo consórcio, não se considera pertinente a sua pormenorização.

Não obstante, apresenta-se na Figura 6.4 o esqueleto principal do sistema, bem como a localização relativa das infraestruturas existentes e a construir.

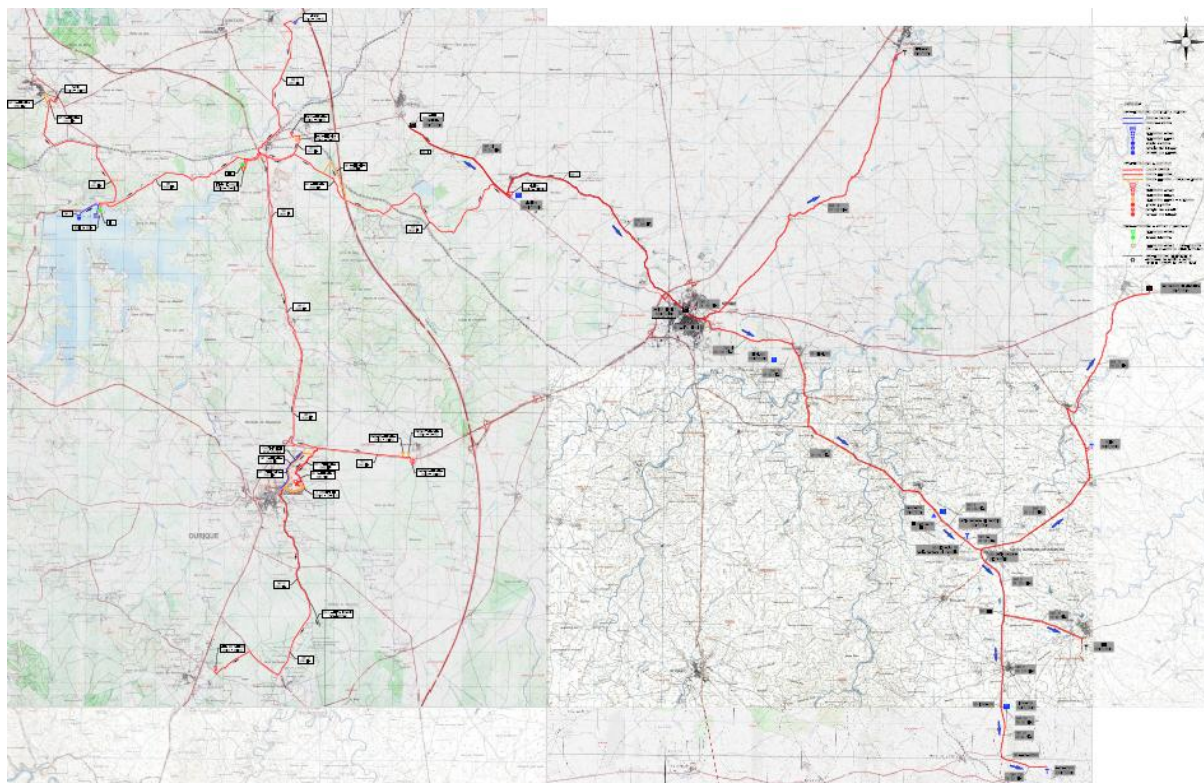


Figura 6.4 – Esquema Geral do Sistema Adutor de “Remodelação do Sistema do Monte da Rocha – Adução a Ourique e Expansão em Ourique; Adução a Castro Verde e Expansão em Castro Verde” (fonte: Consórcio ATKINS/FASE)

#### 6.1.3.5. Listagem e Caracterização das Infraestruturas

Descrito o funcionamento do sistema, apresenta-se no Quadro 6.2 a lista de infraestruturas que compõe o sistema, bem como a sua breve caracterização.

Quadro 6.2 – Infraestruturas estudadas no âmbito do Projeto de Remodelação do Monte da Rocha (Fonte: Consórcio ATKINS / FASE)

Subsistema	Conduta	Tipo	Infraestrutura de Montante	Infraestrutura de Jusante	Comprimento (m)	Material / DN	Caudal de Dimensionamento (MMC) (l/s)
Subsistema de Ourique	SMR0	Elevatória	Captação do Monte da Rocha	ETA do Monte da Rocha	970,00		122,0
	SMR16	Elevatória	ETA do Monte da Rocha (EE1)	RR Panoias (novo RR Elevado, 200m3)	5440,00	PEAD DN90	1,8
	SCP40	Elevatória	ETA do Monte da Rocha (EE1)	RR Garvão (existente, a remodelar)	6310,00		15,5
	SMR1	Elevatória	ETA do Monte da Rocha (EE1)	RR Ourique e EE de Ourique (EE2) (novo RR Apoiado, 2000m3)	5190,00	FFD DN350	104,7
	SMR20	Elevatória	RR Ourique e EE de Ourique (EE2)	RR Alcarías (existente, a remodelar)	5530,00	PEAD DN63	0,5
	SMR15	Elevatória	RR Ourique e EE de Ourique (EE2)	RR Aivados (existente, a remodelar)	2620,00		0,9

Subsistema	Conduta	Tipo	Infraestrutura de Montante	Infraestrutura de Jusante	Comprimento (m)	Material / DN	Caudal de Dimensionamento (MMC) (l/s)
	SMR2	Elevatória	RR Ourique e EE de Ourique (EE2)	RR Almeirim (novo, RR apoiado 2250m3)	10865,00	FFD DN300	50,2
	SMR17	Elevatória	RR Ourique e EE de Ourique (EE2)	RR Ourique centro + EE4	11865,00	FFD DN300	53,0
	SMR19	Elevatória	RR Ourique centro + EE4	RR Grandaços (novo RR Elevado, 100m3)	4550,00	PEAD DN63	0,7
	SMR18	Elevatória	RR Ourique centro + EE4	RR Aldeia de Palheiros (novo RR Elevado, 250m3)	9705,00	PEAD DN90	1,9
Subsistema de Castro Verde	SMR14	Gravítica	RR Almeirim	RR Casével (existente, a remodelar)	3990,00	PEAD DN63	1,7
	SMR3	Gravítica	RR Almeirim	RR Castro Verde (existente, a remodelar)	7775,00	FFD DN350	69,0
	SMR3A	Gravítica	RR Castro Verde	Nó de Castro Verde	730,00	PEAD	12,6
	SMR13	Gravítica	Nó de Castro Verde	RR Entradas (existente, a remodelar)	11390,00	PEAD DN125	3,5
	SMR4	Gravítica	Nó de Castro Verde	Nó derivação para Geraldos	3880,00	PEAD DN180	9,1
	SMR5	Gravítica	Nó derivação para Geraldos	RR Namorados + EE Namorados (novo RR Apoiado, 100m3) (novo sistema hidropressor para a zona sudoeste de CV)	6430,00	PEAD DN180	8,2
	SMR21	Gravítica	Nó derivação para Geraldos	RR Geraldos (novo RR Apoiado, 100m3)	250,00	PEAD DN63	0,9
	SMR6	Elevatória	EE Namorados	Nó de Santa Bárbara	2050,00	PEAD DN160	8,2
	SMR6A	Elevatória	Nó derivação para Santa Bárbara	RR Santa Barbara (novo RR Elevado, 300m3)	100,00	PEAD DN90	1,8
	SMR7	Elevatória	Nó derivação para Santa Bárbara	Nó de Santa Bárbara	185,00	PEAD DN140	6,4
	SMR8	Elevatória	Nó de Santa Bárbara	Nó de Sete	2245,00	PEAD DN125	3,4
	SMR10	Elevatória	Nó de Sete	RR Sete	2470,00	PEAD DN90	1,4
	SMR9	Elevatória	Nó de Sete	RR Lombador	3060,00	PEAD DN110	2,1
	SMR22	Elevatória	Nó de Derivação para Lombador	RR A-do-Corvo (novo RR Elevado, 200m3)	2550,00	PEAD DN90	1,4
	SMR11	Elevatória	Nó de Santa Bárbara	RR Rolão (novo RR Elevado, 300m3)	5370,00	PEAD DN110	2,9
	SMR12	Gravítica	RR Rolão	RR São Marcos de Ataboeira	6395,00	PEAD DN63	0,3

#### 6.1.3.6. Outros Aspetos Pertinentes. Reformulação do Sistema de Sete e Santa Bárbara com integração de infraestruturas existentes

Após elaboração de todos os projetos de execução, não tendo sido possível à AgdA efetuar todo o investimento necessário ao empreendimento, foi solicitado ao consórcio o desenvolvimento de solução pontuais e parcelares, com vista a solucionar problemas pontuais de abastecimento de água.

Um dos casos desenvolvidos pela FASE refere-se ao abastecimento às povoações de Santa Bárbara de Padrões e Sete.

O objetivo do subsistema a constituir era:

- Dar resposta às necessidades de armazenamento, especialmente para Santa Bárbara de Padrões;
- Versatilizar o sistema no sentido de possibilitar que as reservas de água sejam provenientes de várias origens, colmatando assim problemas quer de quantidade, quer de qualidade;
- Minimizar o investimento necessário, usando sempre que possível as condutas existentes;
- Ter em conta a futura intervenção no âmbito do MRI, concebendo uma solução facilmente integrável aquando da Expansão em Castro Verde.

Este subsistema abastecerá as povoações de Santa Bárbara de Padrões, Sorraias, Sete, Lombador, Viseus e Rolão.

Na zona em causa, que actualmente corresponde a 3 pequenos subsistemas, existem também 3 origens de água:

- A principal, a ETA de Sete, que abastece actualmente a povoação de Sete, Lombador e a povoação de Santa Bárbara de Padrões. Uma vez que o RR elevado de Sete não tem capacidade de reserva suficiente, a ETA injeta água diretamente na rede, funcionando o RR de Sete como reservatório de extremidade;
- A ETA das Berigelinhas, que abastece diretamente a rede de Berigelinho e pontualmente Santa Bárbara de Padrões. Esta povoação não tem reservatório de distribuição e a qualidade da água nem sempre é homogénea, havendo alturas de concentração elevada de ferro;
- Os furos de Viseus e a ETA de Sorraias, que abastecem diretamente as redes de Viseus, Sorraias e Rolão. Neste caso, está em causa a quantidade.

A intervenção estudada visa unificar os subsistemas, dotar o sistema da reserva em falta, atendendo ao seu posicionamento, quer geográfico quer topográfico, de forma a que este possa mobilizar quaisquer das origens referidas e simultaneamente abastecer quaisquer das povoações em causa.

Assim, conciliando estes dois fatores optou-se pela construção das seguintes infraestruturas<sup>11</sup>:

- Reservatório Elevado de Santa Bárbara de Padrões, localizado numa posição central, com 200m<sup>3</sup> de capacidade, sendo o RR mais elevado da zona de expansão em Castro Verde, permitirá, nesta fase, a distribuição a todas as povoações em causa;
- Condutas SMR 8 e SMR11 que garantem a interligação de todas as infraestruturas;
- Nova condução adutora ao RR de SBP a partir da ETA de Berigelinho.

Resumindo, o funcionamento deste subsistema foi pensado para incluir algumas das infraestruturas previstas no projeto MRI, e futuramente manter as possíveis origens de água de Sorraias, Sete e Viseus, como alternativas.

Para tal, nesta fase, haverá a possibilidade das condutas entre SBP e Sete e SBP e Viseus, funcionarem em ambos os sentidos, como adutoras e distribuidoras.

Todo o controlo de adução será feito pelo novo RR de SBP, funcionando Sete como reservatório de extremidade ou aduzido pela ETA de Sete.

Nas figuras Figura 6.5 e Figura 6.6 apresentam-se os esquemas de funcionamento do sistema.

---

<sup>11</sup> RR de Santa Bárbara de Padrões (SBP), e as condutas SMR8 e SMR11, estavam previstas no âmbito do MRI.



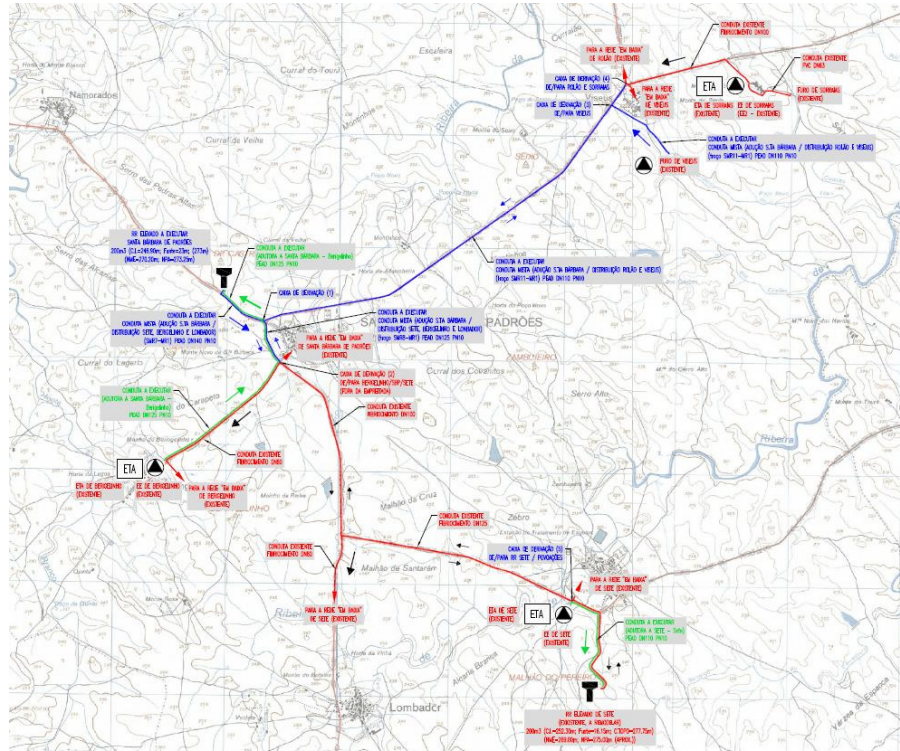


Figura 6.5 - Esquema Geral da Intervenção em Santa Bárbara e Sete (Fonte: Consórcio ATKINS/FASE)

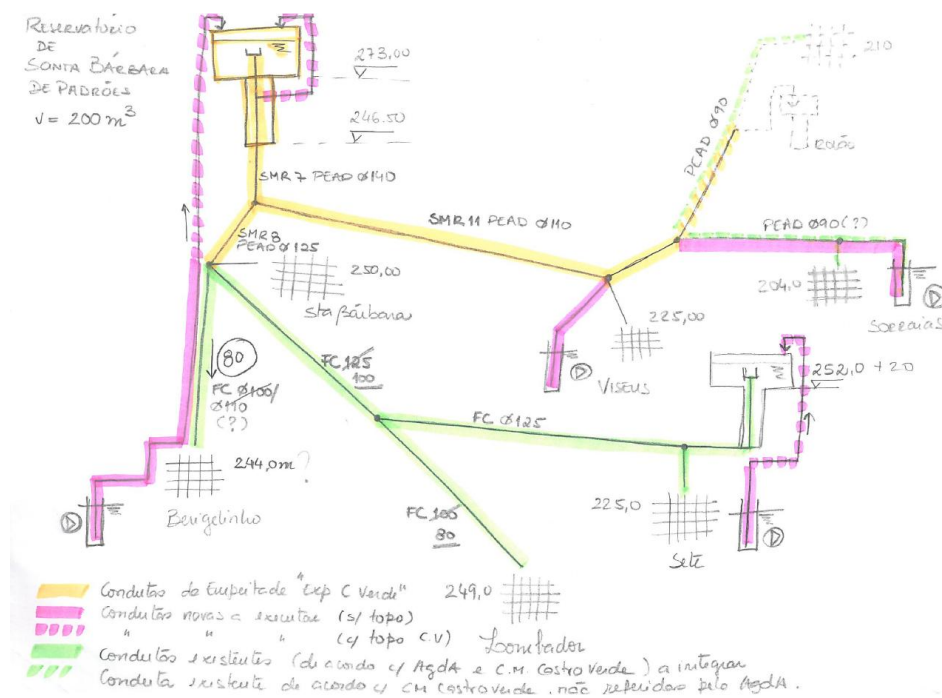


Figura 6.6 – Esquismo do esquema geral de funcionamento do subsistema Sete / Santa Bárbara de Padrões  
(Fonte: Consórcio ATKINS/FASE)

#### 6.1.4. REMODELAÇÃO DO SISTEMA DO MONTE DA ROCHA II. ADUÇÃO A ALMODÔVAR E EXPANSÃO EM ODEMIRA<sup>12</sup>

##### 6.1.4.1. Descrição Geral

O Sistema Adutor de Expansão em Odemira, à semelhança do Sistema de Almodôvar, pertence à segunda fase dos projetos de Remodelação do Monte da Rocha (MRRI).

Os pressupostos de dimensionamento são os já apresentados no capítulo anterior, tendo-se optado por fazer uma abordagem discriminada pelo facto de, neste caso, a conceção de base do sistema ter sido completamente alterada.

O sistema adutor que constitui o a Expansão em Odemira, terá início no RR de Garvão, existente, e inclui a:

- Adução às povoações da zona Norte, Santa Luzia, Vale de Santiago e Colos, que constituem os principais consumidores do sistema, cerca de 60%;
- Adução a Relíquias e Vale de Ferro, zona mais a Oeste do sistema, cerca de 10%;
- Adução a Amoreiras Gare, Aldeia das Amoreiras e S. Martinho das Amoreiras, zona mais a Sul do sistema, cerca de 30%.

Ao longo das diversas fases de desenvolvimento do projeto, foram sido estudadas várias alternativas, tais como por exemplo a adução separada aos subsistemas Norte e ao Sul, tal como consta das Figura 6.7 e Figura 6.8, e consequentemente também diversas alternativas de traçado.

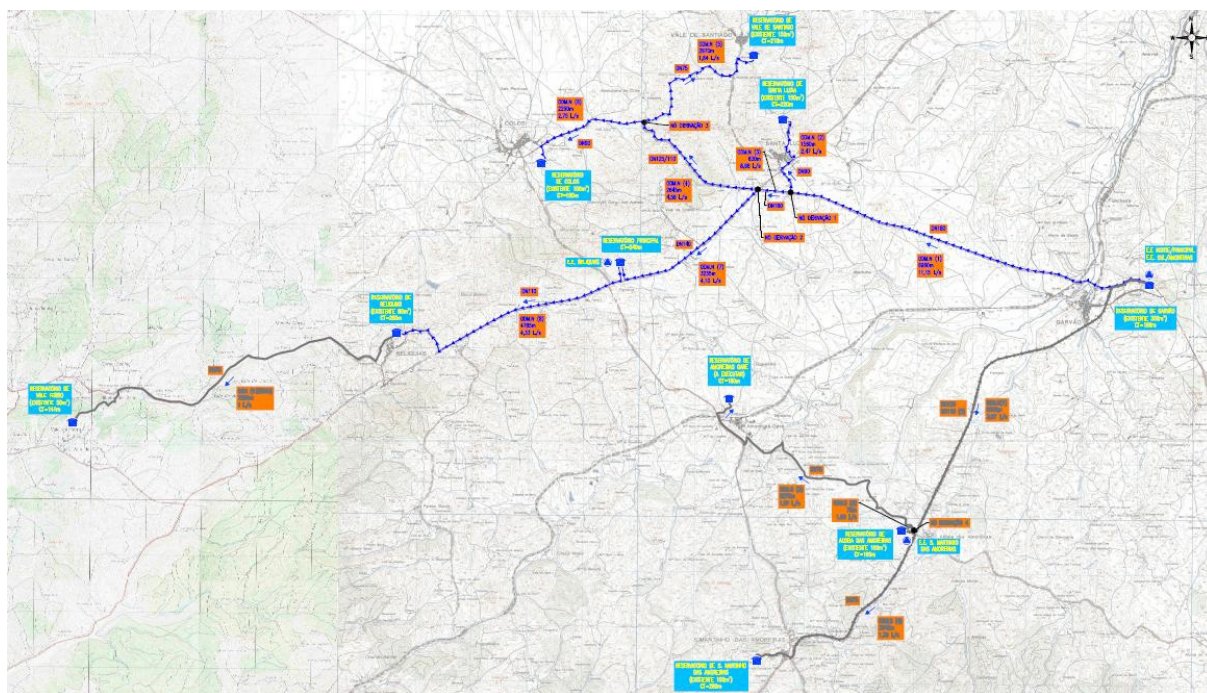


Figura 6.7 - Esquema Geral do Sistema Adutor de Expansão em Odemira. Solução Alternativa 1, correspondendo à 1.ª versão de PE desenvolvido em 2013 (Fonte: ATKINS)

<sup>12</sup> Subsistema “Expansão em Odemira desenvolvido pela FASE, por subcontratação da ATKINS.





#### 6.1.4.3. Caudais de Dimensionamento

Os caudais de dimensionamento foram determinados com base nos dados nas populações das povoações existentes na área de influência do sistema, constantes dos CENSOS de 2011 e na análise dos consumos registados entre 2010 e 2012 nos diversos pontos de entrega atuais da AgdA, seguindo a mesma metodologia apresentada para o Sistema de “Expansão em Odemira – Adução ao Cercal”

#### 6.1.4.4. Configuração Global do Sistema Adutor de Expansão em Odemira

De uma maneira geral, verifica-se que todas as povoações a servir se encontravam já servidas por pequenos sistemas independentes entre si, compostos por captações (furos) e RR de pequena capacidade.

Actualmente, existem oito subsistemas – Santa Luzia, Vale de Santiago, Colos, Relíquias, Vale de Ferro, Amoreiras Gare, Aldeia das Amoreiras e S. Martinho das Amoreiras, todas funcionando com furos de captação e RR próprios.

O Sistema Adutor de Expansão a Odemira terá como principal função unificar o abastecimento a todas estas povoações, fornecendo água de uma ETA única, e garantindo um maior controlo quer da qualidade, quer da quantidade de água disponível.

A origem do novo sistema de adução será o reservatório de Garvão, que por sua vez recebe água da ETA do Monte da Rocha. Este reservatório, bem como o sistema que lhe garante a adução, foi alvo de estudo no âmbito da Remodelação do Monte da Rocha I.

De Garvão, sairá a conduta elevatória principal, com o objetivo de aduzir diretamente o RR Principal, e por derivação Santa Luzia, Vale de Santiago e Colos.

O novo RR Principal foi concebido por forma a reunir em si a capacidade de reserva em falta para todo o sistema, sendo a sua localização central face aos diversos consumidores, e simultaneamente de cota suficientemente elevada por forma a garantir o abastecimento gravítico a uma grande parte dos consumidores.

A reserva do RR Principal pode facilmente ser mobilizada graviticamente por Santa Luzia, Vale de Santiago, Colos, Amoreiras Gare e Aldeia das Amoreiras, ficando apenas Relíquias e S. Martinho das Amoreiras dependentes de sistemas de bombagem secundários.

Assim, o sistema concebido encontra-se subdividido em três subsistemas, Norte, Sul, e Oeste, estando todos dependentes do RR Principal.

No que diz respeito ao **Sistema Norte**, ele foi concebido para abastecer diretamente o RR Principal e por derivação Santa Luzia, Vale de Santiago e Colos.

Trata-se do sistema principal, onde estão concentrados cerca de 60% dos consumidores totais.

O Sistema Norte apresenta dois modos de funcionamento, ou seja, a adução aos três reservatórios “em baixa” pode ser:

- **Elevatória a partir da EE Principal** instalada em Garvão – quando se efetua a adução ao RR Principal, os RR de Santa Luzia, Vale de Santiago e Colos vão sendo simultaneamente aduzidos à medida das suas necessidades, a partir das derivações da conduta elevatória principal.
- **Gravítica a partir do RR Principal** quando cada um dos RR a aduzir necessita de água e a EE Principal não se encontra a funcionar, a sua adução é feita graviticamente a partir do RR Principal.

Quanto ao **Sistema Sul**, ele foi concebido para abastecer as povoações de Amoreiras – Amoreiras Gare, Aldeia das Amoreiras e S. Martinho das Amoreiras. Todos estes consumidores são abastecidos a partir do RR Principal, sendo apenas possível o abastecimento gravítico a Amoreiras Gare e Aldeia das Amoreiras. Para abastecer S. Martinho das Amoreiras será instalada uma EE sobrepessora a Sul da povoação de Amoreiras Gare, a jusante de todas as derivações do Sistema Sul.

O **Sistema Oeste**, destina-se apenas a abastecer duas povoações – Relíquias e Vale de Ferro. Relíquias será abastecida diretamente a partir do RR Principal, através da EE de Relíquias instalada na câmara de manobras do RR Principal, enquanto Vale de Ferro será abastecido graviticamente a partir do RR de Relíquias.

#### 6.1.4.5. Listagem e Caracterização das Infraestruturas

Descrito o funcionamento do sistema, apresenta-se no Quadro 6.3 a lista de infraestruturas que compõe o sistema – Expansão em Odemira, bem como a sua breve caracterização.

Quadro 6.3 – Infraestruturas estudadas no âmbito do Projeto de Remodelação do Monte da Rocha. Expansão em Odemira (Fonte: ATKINS)

Conduta	Tipo	Infraestrutura de Montante	Infraestrutura de Jusante	Comprimento (m)	Material /DN / PN	Caudal Dimensionamento (L/s)	Caudal Equilíbrio (L/s)	Observações
ODM.N (1)	Elev.	RR Garvão / EE Principal	Nó 1	7386	FFD DN150 PN 25 PEAD DN200 PN20 PEAD DN180 PN16	15,2	15,75	O caudal de equilíbrio resulta da distribuição de caudais para a adução simultânea aos diversos reservatórios
ODM.N (2) Derivação para Santa Luzia	E/G	Nó 1	RR Santa Luzia· (existente, a remodelar - 1 célula apoiada, 150m3)	1560	PEAD DN90 PN16	2,5	4	
ODM.N (3)	E/G	Nó 1	Nó 2	625	PEAD DN180 PN16	12,7	11,75	
ODM.N (4)	E/G	Nó 2	Nó 3	2725	PEAD DN140 PN16 PEAD DN140 PN10 PEAD DN125 PN10 PEAD DN125 PN16	4,7	5,75	
ODM.N (5) Derivação para Vale de Santiago	E/G	Nó 3	RR Vale de Santiago· (existente, a remodelar - 1 célula apoiada, 150m3)	3036	PEAD DN75 PN16	1,9	1,9	
ODM.N (6) Derivação para Colos	E/G	Nó 3	RR Colos· (existente, a remodelar - 1 célula apoiada, 100m3)	2336	PEAD DN90 PN16	2,8	3,85	
ODM.N (7) Derivação Principal	E/G	Nó 2	RR Principal· (novo - 2 células apoiadas, 400m3)	3350	PEAD DN160 PN16 PEAD DN160 PN10	8	6	
ODM.N (8) Adutora de Relíquias	Elev.	RR Principal	RR Relíquias· (existente, a remodelar - 1 célula apoiada, 80m3)	4883	PEAD DN125 PN16 PEAD DN110 PN10	4,2	4,5	O caudal de Equilíbrio corresponde ao caudal aferido para os GEB de referência

Conduto	Tipo	Infraestrutura de Montante	Infraestrutura de Jusante	Comprimento (m)	Material /DN / PN	Caudal Dimensionamento (L/s)	Caudal Equilíbrio (L/s)	Observações
ODM.VF (9) Adutora de Vale de Ferro	Grav.	RR Relíquias	RR Vale de Ferro (existente, a remodelar - 1 célula apoiada, 50m <sup>3</sup> )	7294	PEAD DN63 PN10 PEAD DN63 PN16	1	1,5	.
ODM (10)	Grav.	RR Principal	Nó 4	3829	PEAD DN110 PN10	3,8	5,25	O caudal de equilíbrio resulta da distribuição de caudais para a adução simultânea aos diversos reservatórios
ODM (11) Derivação para Amoreiras Gare	Grav.	Nó 4	RR Amoreiras Gare (existente, a remodelar - 1 célula apoiada, 100m <sup>3</sup> )	292	PEAD DN63 PN10	1	2	
ODM (12)	Grav.	Nó 4	Nó 5 / EE Sobrepressora para S. Martinho das Amoreiras	738	PEAD DN110 PN10 PEAD DN110 PN16	2,8	3,25	
ODM (13) Derivação para Aldeia das Amoreiras	Grav.	Nó 5	RR Aldeia das Amoreiras (existente, a remodelar - 1 célula apoiada, 100m <sup>3</sup> )	4334	PEAD DN75 PN16 PEAD DN75 PN10	1,5	1,65	
ODM (14) Adutora de S. Martinho das Amoreiras	Elev.	EE Sobrepressora para S. Martinho das Amoreiras	RR S. Martinho das Amoreiras (novo - 2 células apoiadas, 100m <sup>3</sup> )	4279	PEAD DN75 PN20 PEAD DN75 PN16 PEAD DN75 PN10	1,3	1,60 a 1,95	O caudal de Equilíbrio corresponde ao caudal aferido para os GEB de referência

Para além das condutas especificadas no quadro anterior, que perfazem cerca de 47km, foi ainda previsto:

- O projeto de execução dos RR Principal e RR de São Martinho das Amoreiras, com 400m<sup>3</sup> e 100m<sup>3</sup> de capacidade, prospectivamente;
- A remodelação de sete reservatórios existentes – Santa Luzia, Vale de Santiago e Colos no subsector Norte, Relíquias e Vale de Ferro, a Oeste, e Amoreiras Gare e Aldeia das Amoreiras no subsector Sul;
- A execução de três estações elevatórias novas:
  - EE Principal, a instalar junto do RR de Garvão, composta por 3 GEB, sendo um de reserva. Quando a funcionar plenamente, a EE bombará 13,2l/s a 150,0mca. Estima-se que cada grupo terá uma potência de 25CV.
  - EE para Relíquias, a instalar na câmara de manobras do novo RR Principal, composta por 2 GEB, sendo um de reserva. Esta EE bombará 4,5l/s a 53,0mca. Estima-se que cada grupo terá uma potência de 5,5CV.
  - EE para S. Martinho das Amoreiras, do tipo hidropressora, composta por 2 GEB, sendo um de reserva. A EE terá capacidade para

pressurizar 1,6l/s a 84,0mca. Estima-se que cada grupo terá uma potência de 4CV.

#### 6.1.5. PROJECTOS DOS SUBSISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DE CORUCHE / VALVERDE, FAJARDA E MONTINHOS / ZONA INDUSTRIAL DE MONTE DA BARCA<sup>13</sup>

##### 6.1.5.1. Descrição Geral

A reformulação dos três subsistemas de abastecimento de água estudados, tem como objetivo melhorar o abastecimento de água às povoações servidas, centralizando a produção de água e dando prioridade às captações de melhor qualidade, criando simultaneamente origens alternativas que possam abastecer em simultâneo várias povoações.

- **Subsistema Coruche/Valverde**, o abastecimento passa a ser feito com origem em Santo Antonino Sul, a maior e mais fiável origem de água da região;
- **Subsistema de Fajarda**, origem centralizada em Fajarda Sul, destinando-se a intervenção a melhorar o funcionamento da rede “em baixa”;
- **Subsistema Montinhos/ZIMB**, serão unificados os dois sistemas outrora independentes, passando a origem de água a estar centralizada em Montinhos.

O HP considerado foi de 40 anos, tendo a população total a servir sido estimada em praticamente 10 mil habitantes, sendo que 70% pertencem ao subsistema Coruche/Valverde, 20% a Fajarda, e apenas 10% a Montinhos/ZIMB.

##### 6.1.5.2. Aspetos Gerais da Conceção

As intervenções projetadas seguiram uma filosofia de conceção assente nos seguintes aspetos:

- Centralizar a produção de água junto das captações de maior fiabilidade, quer do ponto de vista quantitativo, quer qualitativo;
- Aproveitar ao máximo as infraestruturas existentes, nomeadamente reservatórios, prevendo-se intervenções de requalificação;
- Funcionamento dos sistemas simples e autónomos.

##### 6.1.5.3. Caudais de Dimensionamento

Os caudais de dimensionamento foram determinados com base nos dados nas populações das povoações existentes na área de influência do sistema, constantes dos CENSOS de 2011 e na análise das leituras de contadores fornecidas pela AdR.

De uma maneira geral, os dados fornecidos pela AdR permitiram aprofundar os estudos de projeção de consumo com base em elementos reais e fiáveis, uma vez que foram fornecidos os volumes de água produzidos, os volumes de água à saída dos reservatórios e os volumes de água faturados, por zona / subsistema de abastecimento.

A análise destes dados permitiu determinar variáveis como captações e factos fugas e perdas, que refletem os comportamentos reais da população e o estado de conservação das redes, prospectivamente.

---

<sup>13</sup> Desenvolvido pelo Consórcio ATKINS / FASE para a Águas do Ribatejo.

#### 6.1.5.4. Configuração Geral dos Subsistemas

##### **Subsistema de Coruche / Valverde**

A zona de intervenção era originalmente abastecida por dois sistemas independentes, designadamente:

- O sistema de Santo Antonino Sul, que serve os lugares de Coruche, nomeadamente Coruche, bairro da Serração e Foros de Coruche – Foros de Valmanso e Foros do Paul;
- O sistema de Valverde, que serve o lugar de Foros de Valverde.

Como já referido, o objetivo da intervenção era a unificação destes dois sistemas, centralizando a captação e o tratamento de água no complexo de Santo Antonino Sul.

Os subsistemas independentes de Coruche e Valverde contavam com quatro reservatórios, que se passam de seguida a descrever, e a interligar com as intervenções efetuadas no âmbito do PE.

Santo Antonino Sul, dispõe de duas células apoiadas com uma capacidade total de 1500m<sup>3</sup> e de uma célula elevada com 300 m<sup>3</sup>. A água captada pelos furos é elevada até às células do reservatório apoiado. Na câmara de manobras existe uma estação elevatória que bomba a água até ao RR elevado. Neste circuito é efetuada a injeção de hipoclorito, que é o único tratamento que a água captada sofre, sendo que se tem revelado suficiente para assegurar à água captada características apropriadas de potabilidade. Do RR elevado sai a conduta para a rede de distribuição. Todas as instalações, assim como os equipamentos que integram o complexo de Santo Antonino Sul apresentam bom estado de conservação. É do RR apoiado que sairão duas condutas, uma de cada célula, posteriormente reunidas numa câmara, para alimentação do circuito de aspiração comum dos sistemas elevatórios de Valverde e Cemitério.

Cemitério (ou Santo Antonino Norte), elevado e com uma capacidade de 250m<sup>3</sup>. Originalmente aduzido a partir da rede de distribuição, com um único circuito de saída/entrada, funcionando como reservatório de extremidade. Com as intervenções a efetuar, este RR passará a ser aduzido “em alta”, através do sistema elevatório de Cemitério. Destas intervenções fazem parte a requalificação do edifício, mas também a remodelação dos circuitos hidráulicos, incluindo equipamentos mecânicos e eletromecânicos, bem como dotar o reservatório de eletricidade e de comunicação com Santo Antonino Sul, por um lado para o controlo da bombagem que o aduz e, por outro, para futura integração no sistema de telegestão da AdR. De notar ainda que este RR aduzirá graviticamente o novo RR de Meia Encosta.

O RR existente de Meia Encosta, com duas células retangulares apoiadas apresenta capacidade total de 300 m<sup>3</sup>. Trata-se de um RR em muito mau estado de conservação, que, será substituído pelo Novo Reservatório de Meia Encosta.

Valverde é do tipo elevado e tem uma capacidade de 500 m<sup>3</sup>. Tem como função o abastecimento da rede “em baixa” existente nas suas imediações. Originalmente a adução a este RR era feita por duas formas, a partir do furo de captação de Valverde, que se encontra em açoreamento e através da rede “em baixa” de Coruche, funcionando como reservatório de extremidade. Este reservatório passará a ser aduzido “em alta”, através do sistema elevatório de Valverde. Este RR foi ainda dotado de um sistema hidropressor “em baixa”, para solucionar o défice de pressão da zona alta de Valverde.

Como se depreende do exposto, pretende-se criar um sistema adutor único para Coruche e Valverde, centralizando a captação e o tratamento da água no complexo de Santo Antonino Sul. Os furos aí existentes serão mantidos em funcionamento, uma vez que o seu caudal é suficiente para as populações em causa. Da mesma maneira, será mantido o tratamento existente, que se tem revelado

adequado. A água captada e tratada em Santo Antonino Sul será bombada para os RR de Cemitério e Valverde, através de dois sistemas elevatórios.

A solução projetada, consiste na execução de dois sistemas de bombagem independentes, uma para aduzir o RR de Valverde, e outra para aduzir o RR de Cemitério, ambos existentes e a remodelar. A adução ao RR da Meia Encosta será feita por uma conduta gravítica nova que terá origem no RR do Cemitério.

As principais intervenções a estudar no âmbito deste projeto de execução foram:

- Construção de uma EE, adiante designada por Nova Estação Elevatória de Santo Antonino Sul, a implantar no recinto do reservatório de Santo Antonino Sul, e com dois sistemas de bombagem independentes, um para Cemitério, e outro para Valverde.
- Instalação de duas condutas elevatórias de PEAD com origem em Santo Antonino Sul e pontos de entrega nos RR existentes de Valverde e Cemitério. Estas condutas apresentam traçado paralelo desde Santo Antonino Sul até ao RR de Cemitério.
- Remodelação do reservatório do Cemitério.
- Instalação de uma conduta adutora gravítica em PEAD, entre o RR do Cemitério e o novo RR de Meia Encosta.
- Execução de um novo RR apoiado de 500 m<sup>3</sup>, para substituição do reservatório de Meia Encosta existente, considerado demasiado degradado para justificar a reabilitação.
- Remodelação do RR de Valverde, e execução de EE no seu interior, com o objetivo de pressurizar a zona alta da rede “em baixa” desta localidade.

Apresenta-se na Figura 6.9 o esquema de funcionamento do sistema, bem como a mancha de intervenção.

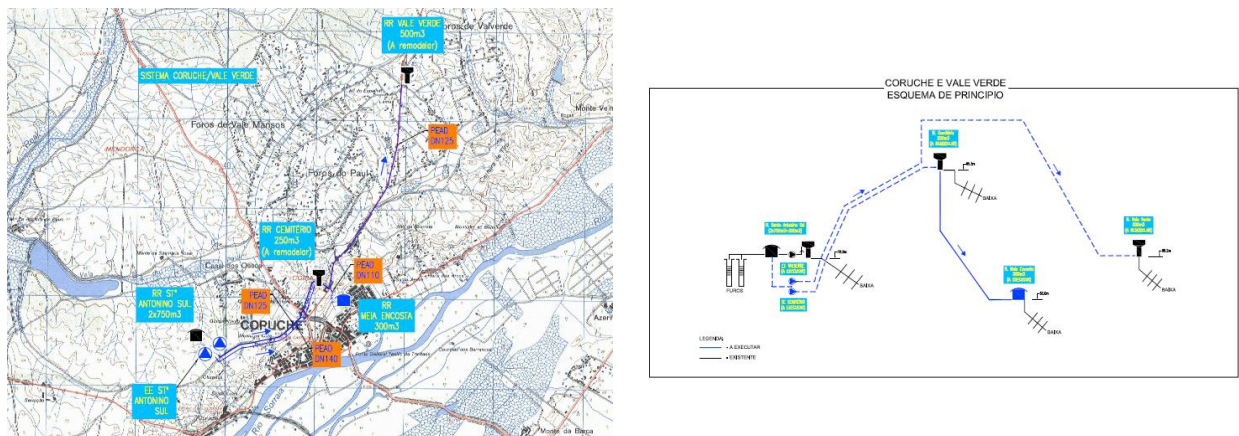


Figura 6.9 – Esquema de funcionamento Subsistema de Abastecimento de Água de Coruche/Valverde (Fonte: Consórcio ATKINS/FASE)

### Subsistema de Fajarda

A zona de intervenção era originalmente abastecida por dois sistemas de abastecimento de água, que embora já se encontrem ligados pela rede “em baixa” apresentam origens de água distintas. As duas origens funcionam em simultâneo especialmente durante a estação de estiagem, uma vez que quando os consumos são elevados, a água do reservatório de Fajarda Sul não chega ao reservatório de Fajarda Norte.



O objetivo desta intervenção é a unificação destes dois subsistemas, centralizando a captação e o tratamento de água em Fajarda Sul.

Os subsistemas independentes de Fajarda Norte e Fajarda Sul contavam com dois RR, com a mesma designação, que se passam de seguida a descrever, e a interligar com as intervenções efetuadas no âmbito do PE.

O RR de Fajarda Sul, composto por uma célula elevada com 300 m<sup>3</sup> de capacidade. É junto deste RR que se encontram as infraestruturas de captação e tratamento que serão mantidas e que suprirão as necessidades de todo o sistema. A água captada pelos furos é tratada em linha e elevada diretamente até ao RR, sendo os níveis do RR que comandam o funcionamento do GEB existente no furo. No circuito de adução descrito é efetuada a injeção de hipoclorito, que é o único tratamento que a água captada sofre, sendo que se tem revelado suficiente para assegurar características apropriadas de potabilidade. A partir deste RR, elevado, desenvolve-se a rede de distribuição para toda a localidade de Fajarda, rede esta que tem na sua extremidade um segundo RR, também elevado, que tem a designação de RR de Fajarda Norte. O RR apresenta um bom estado de conservação, tanto no que diz respeito à construção civil como no que diz respeito às tubagens e equipamentos eletromecânicos.

O reservatório de Fajarda Norte, elevado e com uma capacidade de 300 m<sup>3</sup> é actualmente, e continuará a ser após a intervenção, um RR aduzido a partir da rede de distribuição, com um único circuito de saída/entrada, funcionando como RR de extremidade. Das intervenções a efetuar fazem parte a requalificação do edifício, mas também a remodelação dos circuitos hidráulicos, incluindo equipamentos mecânicos e eletromecânicos.

Originalmente, a adução ao reservatório de Fajarda Norte era feita pela própria rede de distribuição, sendo que esse facto se traduzia em situações generalizadas de falta de água e de pressão sempre que os consumos aumentavam.

A solução concebida pretende manter o funcionamento atual do sistema de Fajarda, resolvendo apenas o problema da falta de pressão que se regista na zona norte da povoação.

O RR de Fajarda Norte manter-se-á como reservatório de extremidade, mantendo-se a sua adução a partir da rede de distribuição.

Por forma a resolver os problemas de pressão, será prevista uma central hidropressora num ponto estratégico da rede de distribuição, que pressurizará a rede e garantirá o enchimento do reservatório de Fajarda Norte nos períodos de menor consumo.

O furo de Fajarda Norte, será mantido como reserva ocasional, utilizável em casos de interrupção prolongada da EE.

As principais intervenções estudadas no âmbito deste PE são:

- Remodelação dos RR elevados de Fajarda Norte e Fajarda Sul, incluindo as intervenções necessárias na captação e no edifício de tratamento.
- Execução de nova EE, do tipo hidropressor, para garantir o abastecimento à rede “em baixa” de Fajarda Norte e a adução do respetivo RR.

Apresenta-se na Figura 6.10 o esquema de funcionamento do sistema, bem como a mancha de intervenção.



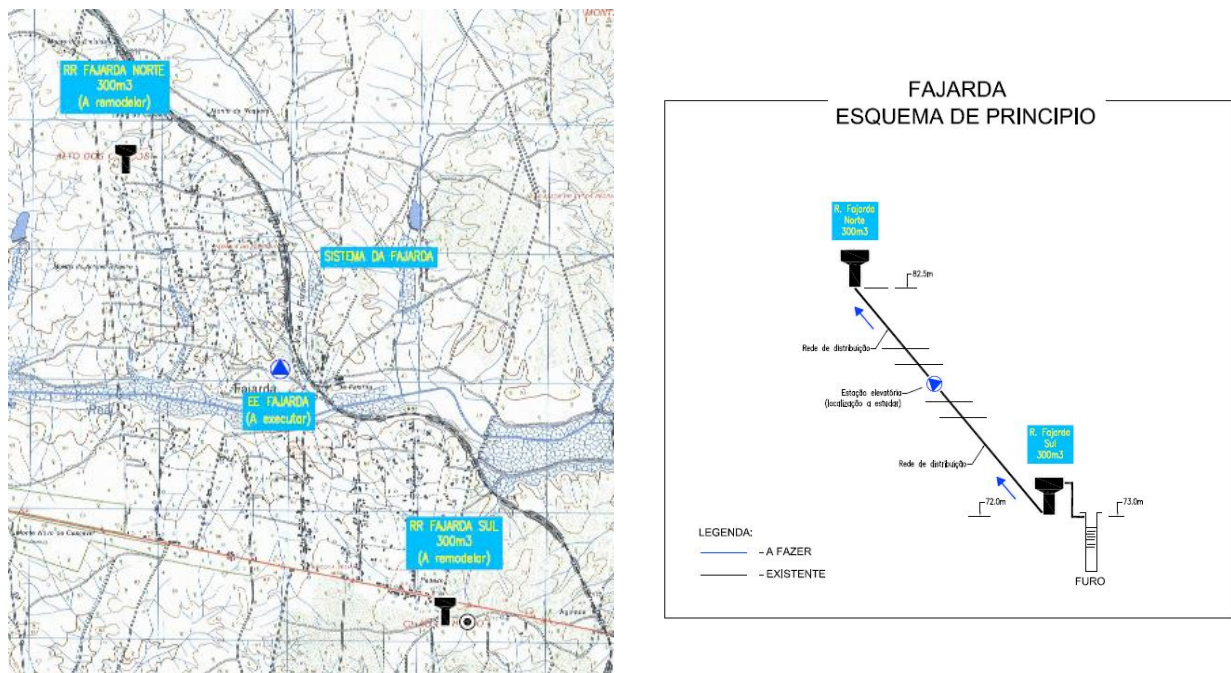


Figura 6.10 – Esquema de funcionamento Subsistema de Abastecimento de Água de Fajarda (Fonte: Consórcio ATKINS/FASE)

### Subsistema de Montinhos / Zona Industrial de Monte da Barca

A zona de intervenção era originalmente abastecida por dois sistemas de abastecimento de água, designadamente:

- O sistema de Montinhos, que serve os lugares de Montinho dos Pegos e Arzevadinha, bem como a Zona Industrial de Montinhos;
- O sistema de Zona Industrial Monte da Barca, que serve o lugar de Monte da Barca e a Zona Industrial de Monte da Barca.

Os sistemas de Montinhos e da Zona Industrial de Monte da Barca são, actualmente, independentes, tendo cada um deles a sua captação, tratamento, armazenamento e distribuição.

O sistema da Zona Industrial de Monte da Barca tem a sua origem num furo de captação localizado ao lado do RR. Este furo bomba directamente para o RR e tem uma caseta de apoio onde estão instalados os equipamentos de armazenamento e injeção de hipoclorito, bem como a medição volumétrica de caudal. Do RR elevado, sai a conduta para a rede de distribuição, que tem apenas um único patamar, gravítico.

O sistema de Montinhos é em tudo idêntico ao sistema da Zona Industrial, sendo a única diferença o facto de o furo de captação estar a cerca de 200 metros de distância do RR.

O objetivo desta intervenção é a unificação destes dois subsistemas, centralizando a captação e o tratamento de água no complexo de Montinhos.

Os subsistemas independentes de Montinhos e ZI Monte da Barca contavam com dois RR, bem como uma série de infraestruturas de captação e tratamento. Estas infraestruturas foram interligadas com as intervenções previstas.

Na configuração projetada, a captação e o tratamento da água serão centralizados no furo de captação de Montinhos, uma vez que este apresenta como folga de caudal, um caudal superior ao da Zona Industrial de Monte da Barca. A água captada em Montinhos passará a ser bombada para o Novo Reservatório apoiado de Montinhos, utilizando as bombas existentes no furo. A partir deste RR, será posteriormente bombada para o RR elevado de Montinhos, através de uma nova estação elevatória e utilizando a conduta elevatória já existentes e cujo funcionamento será controlado pelos níveis existentes no RR aduzido.

Parte da água captada e armazenada no RR apoiado de Montinhos será também bombada para o RR da Zona Industrial de Monte da Barca. Para tal, será executado uma EE e respetiva conduta. Esta EE será comandada pelos níveis do RR da Zona Industrial de Monte da Barca.

A captação da Zona Industrial de Monte da Barca será mantida como reserva pelo que não será selada.

As principais intervenções estudadas no âmbito deste PE foram:

- Construção de uma EE, adiante designada por Estação Elevatória de Montinhos, a implantar no recinto da captação de Montinhos, e com dois sistemas de bombagem independentes, um para aduzir o RR elevado de Montinhos, e outro para aduzir o RR elevado de ZI Monte da Barca.
- Construção de um novo RR em Montinhos para aspiração dos sistemas de bombagem e constituição de uma reserva de água suplementar.
- Remodelação da captação e tratamento de Montinhos.
- Instalação de uma conduta elevatória de PEAD com origem em Montinhos e ponto de entrega no RR existente de ZI Monte da Barca.
- Remodelação dos RR de Montinhos e de ZI Monte da Barca.
- Remodelação das condutas de distribuição da rede “em baixa”.

Apresenta-se na Figura 6.11 o esquema de funcionamento do sistema, bem como a mancha de intervenção.

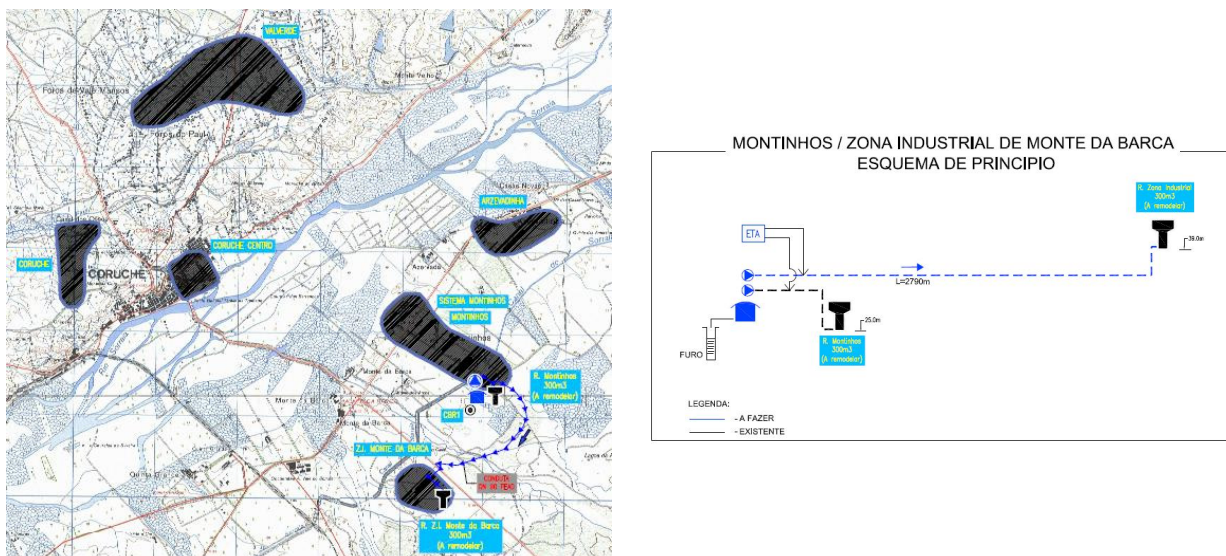


Figura 6.11 – Esquema de funcionamento Subsistema de Abastecimento de Água de Montinhos / ZI Monte da Barca (Fonte: Consórcio ATKINS/FASE)

## 6.1.5.5. Listagem e Caracterização das Infraestruturas

Descrito o funcionamento dos três subsistemas em causa, apresenta-se nos Quadro 6.4 e Quadro 6.5 a lista de infraestruturas no âmbito desta intervenção, bem como a sua breve caracterização.

Quadro 6.4 – Caracterização de Infraestruturas de Reserva e Caudais de Projeto<sup>14</sup> estudados no âmbito dos “Projectos de Execução dos Subsistemas de Abastecimento de Água Coruche / Valverde, Fajarda e Montinhos / Zona Industrial de Monte da Barca” (Fonte: Consórcio ATKINS/FASE)

Subsistema	Infraestrutura de distribuição	População	Consumo médio diário Cmda (l/s)	Caudal do Mês de Maior Consumo (l/s)	Caudal do dia de Maior Consumo (l/s)	Caudal de Ponta (l/s)
Fajarda	RR Fajarda Norte (RR Elevado, existente, a remodelar, 300m3)	561	101,02	1,82	2,11	6,95
	RR Fajarda Sul (RR Elevado, existente, a remodelar, 300m3)	1238	222,76	4,02	4,64	12,34
Coruche / Valverde	RR Elevado de Santo Antonino Sul (RR Elevado, existente, 300m3)	2642	475,63	8,59	9,91	22,21
	RR Meia Encosta (novo RR Apoiado, 400m3)	1762	317,09	5,73	6,61	16,15
	RR Cemitério (RR Elevado, existente, a remodelar, 250m3)	799	143,77	2,60	2,99	8,94
	RR Valverde (RR Elevado, existente, a remodelar, 500m3)	1483	266,99	4,82	5,56	14,16
Montinhos/Z.I. De Monte da Barca	RR ZI Monte da Barca (RR Elevado, existente, a remodelar, 300m3)	95	17,1	0,31	0,36	2,18
	RR Montinhos (RR Elevado, existente, a remodelar, 300m3)	962	173,16	3,13	3,61	10,24

<sup>14</sup> Os caudais de projecto aqui apresentados foram determinados com capitações e factores de fugas e perdas determinados a partir de valores reais, de cada subsistema. Dos dados fornecidos pelo cliente (AdR), constam volumes de água tratada, à saída das captações/ ETA, volumes de água distribuídos, à saída dos RR de abastecimento “em baixa” e volumes de água facturada. (Leituras de 2010)

Quadro 6.5 – Caracterização da Rede de Adução prevista nos “Projectos de Execução dos Subsistemas de Abastecimento de Água Coruche / Valverde, Fajarda e Montinhos / Zona Industrial de Monte da Barca” (Fonte: Consórcio ATKINS/FASE)

Subsistema	Conduta	Tipo	Infraestrutura de Montante	Infraestrutura de Jusante	Comprimento (m)	Material / DN / PN	Caudal Dimensionamento (L/s)	Observações
Fajarda	Rede "em baixa" sul	Pressurizada	Captação / RR Fajarda Sul	Rede / Hidropressora de Fajarda	N/A	-	-	Executada
	Rede "em baixa" sul	Pressurizada	Hidropressora de Fajarda	Rede / RR Fajarda Norte	N/A	-	-	Executada
Coruche / Valverde	Adutora a Cemitério	Elevatória	RR apoiado de Santo Antonino Sul / EE para Cemitério	RR Cemitério	1590	PEAD DN140 PN10	11,5	Projetada
	Adutora a Valverde	Elevatória	RR apoiado de Santo Antonino Sul / EE para Valverde	RR Valverde	4255	PEAD DN125 PN10	6,6	Projetada
	Adutora de Meia Encosta	Gravítica	RR Cemitério	Novo RR de Meia Encosta	300	PEAD DN110 PN10	5,7	Projetada
Montinhos / ZIMB	Adutora de Montinhos	Elevatória	Captação / Novo RR de Montinhos / EE para Montinhos	RR Montinhos	-	-	5	Executada
	Adutora de ZI Monte da Barca	Elevatória	Captação / Novo RR de Montinhos / EE para ZIMB	RR ZIMB	2790	PEAD DN90 PN10	2,5	Projetada

Sistematizando, o Projeto desenvolvido incidiu nas seguintes infraestruturas:

#### Subsistema de Fajarda

- Execução de EE Hidropressora de Fajarda, a instalar no ponto baixo da rede “em baixa”, composta por 3 GEB, sendo um de reserva. A EE recebe água da rede “em baixa” abastecida por Fajarda Sul e pressuriza a rede “em baixa” de Fajarda Norte, abastecendo o RR nas horas de menor consumo. Terá capacidade para pressurizar 2,6l/s a 30,0mca. Estima-se que cada grupo terá uma potência de 3CV.
- A remodelação dos RR elevados de Fajarda Norte e Fajarda Sul.

#### Subsistema de Coruche / Valverde

- Execução de EE em Santo Antonino Sul, com bombagens para Cemitério e Valverde. Cada uma destas EE é composta por 2 GEB, sendo um de reserva.  
A bombagem para Valverde funcionará com um caudal de 6,6l/s a 62,3mca, estimando-se para cada GEB uma potência de 10CV.  
A bombagem para Cemitério funcionará com um caudal de 11,5l/s a 43,2mca, estimando-se para cada GEB uma potência de 15CV.
- A execução do RR de Meia Encosta, com 400m<sup>3</sup> de capacidade.

- A remodelação dos RR elevados de Cemitério e Valverde, incluindo estação hidropressora para a rede da zona alta de Valverde, que funcionará com 5,8l/s a 32,0mca, num sistema 2+1. Estima-se para cada GEB uma potência de 3CV.
- Conduatas adutoras, tal como especificado no Quadro 6.5.
- Intervenções nas redes “em baixa” de Valverde e Coruche.

#### **Subsistema de Montinhos / ZIMB**

- Execução do RR de Montinhos, com 100m<sup>3</sup> de capacidade.
- Execução da EE em Montinhos, com bombagens para RR Elevado de Montinhos e RR ZIMB. Cada uma destas EE é composta por 2 GEB, sendo um de reserva.  
A bombagem para Montinhos funcionará com um caudal de 5,0l/s a 38,7mca, estimando-se para cada GEB uma potência de 5CV.  
A bombagem para ZIMB funcionará com um caudal de 2,5l/s a 49,6mca, estimando-se para cada GEB uma potência de 4CV.
- A remodelação dos RR elevados de Montinhos e ZIMB.
- Conduatas adutoras, tal como especificado no Quadro 6.5.
- Intervenções nas redes “em baixa” de Montinhos.

## **6.2. REDES DE DRENAGEM DE ÁGUAS RESIDUAIS**

### **6.2.1. EMPREITADA DE EXECUÇÃO DAS REDES DE DRENAGEM DO CONCELHO DE SESIMBRA – LOTES POENTE E NASCENTE. SISTEMA ZAMBUJAL / AIANA E AGUNCHEIRA / FORNOS / FETAIS<sup>15</sup>**

#### **6.2.1.1. Descrição Geral**

As redes de drenagem que constituem o Projeto das Redes de Drenagem do Concelho de Sesimbra – Lote Poente<sup>16</sup>, destinam-se a drenar as águas residuais domésticas da zona poente do concelho de Sesimbra, desde o cabo Espichel até à lagoa do Meco, garantindo a máxima cobertura das povoações associadas aos seguintes subsistemas:

- Subsistema de Azóia-Fetais-Fornos;
- Subsistema de Zambujal-Aiana.

---

<sup>15</sup> Desenvolvido pelo consórcio Ambio / FASE para a SIMARSUL.

<sup>16</sup> O Lote Poente foi a parte desenvolvida pela FASE, pelo que é o lote que aqui se descreve pormenorizadamente.



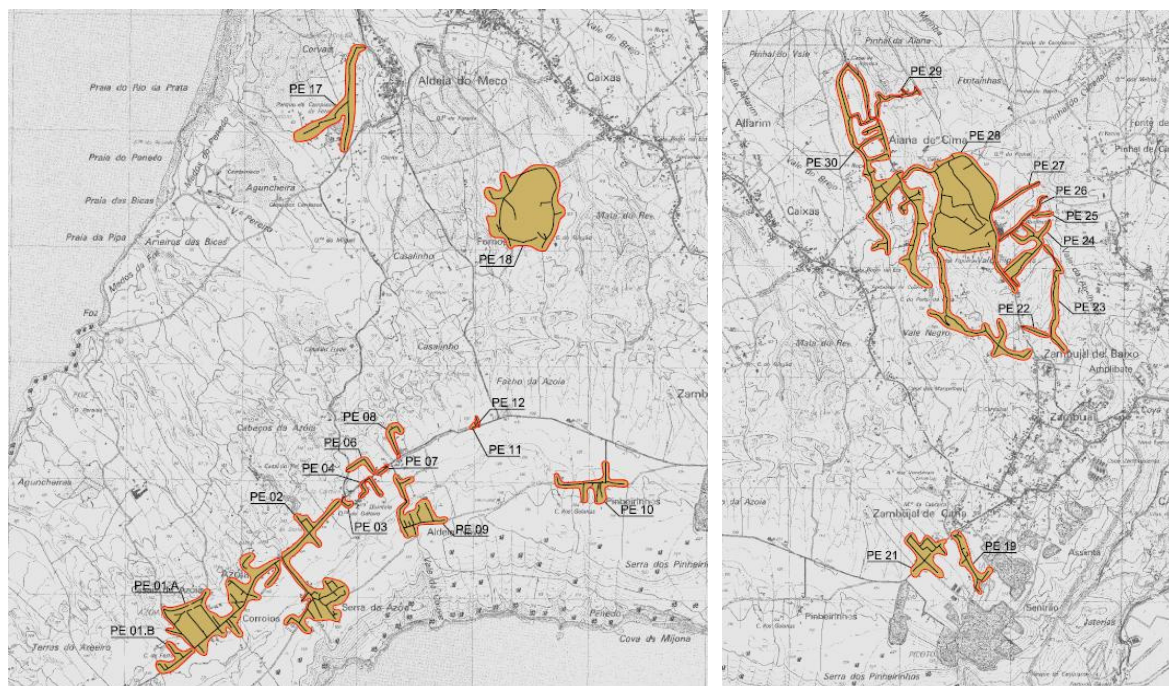


Figura 6.12 – Esquema das Bacias de Drenagem concebidas no âmbito do “Projeto das redes de drenagem do concelho de Sesimbra - Lote Poente” (Fonte: Consórcio AMBIO/FASE)

Como princípio de conceção, foi privilegiado, em todas as situações em que tal se apresentasse possível, o escoamento gravítico das redes, ainda que para que tal possa suceder tenha que se utilizar caminhos particulares em soluções de corta-mato.

O horizonte de projeto considerado foi de 40 anos, tendo a população a servir no horizonte de projeto sido estimada em 10 mil habitantes.

No conjunto, as redes do Lote Poente perfazem um total de sensivelmente 40 quilómetros, interligados à rede “em alta” existente, por meio de ligações gravíticas, ou com o auxílio dos 12 sistemas elevatórios previstos.

#### 6.2.1.2. Caudais de Dimensionamento

Os caudais de dimensionamento foram determinados com base nas populações recenseadas e no levantamento dos estabelecimentos hoteleiros e parques de campismo existentes na zona de influência.

#### 6.2.1.3. Configuração Global do Sistema de Drenagem

As redes de drenagem elaboradas no projeto em causa tiveram como pressuposto principal aumentar a taxa de atendimento do sistema de drenagem, por forma a cumprir o objetivo do PEASAAR, garantindo uma cobertura superior a 95%.

Nestas situações, em que já existem grandes extensões de rede em funcionamento, em que as infraestruturas “em alta”, nas quais se pretende descarregar, já se encontram construídas e por vezes em funcionamento, o que implica o cumprimento de profundidades nos pontos de descarga muito rígidas, torna-se praticamente impossível conceber um sistema puramente gravítico.

Este caso não é exceção, estudados os possíveis pontos de entrega, ou seja a rede “em alta”, e a topografia das zonas a drenar, definindo-se as bacias de drenagem, verificou-se um grande número de

bacias que necessitariam de estar associadas a um sistema elevatório, que elevará o efluente para o ponto de entrega definido, a profundidades compatíveis.

Assim, foram definidas 25 pontos de entrega<sup>17</sup>, cada um deles correspondendo a uma bacia de drenagem.

Relativamente ao Subsistema de Azóia-Fetais-Fornos, as bacias podem ser agrupadas em sete zonas diferentes, tal que:

- Zona de Azóia:  
Engloba as redes referentes às bacias do PE 01.A e PE 01.B, ambas constituídas por redes de coletores gravíticos e vários sistemas elevatórios compactos, num total de 3.
- Zona de Serra da Azóia:  
Engloba as redes referentes às bacias do PE 02 a PE 08, constituídas por redes de coletores gravíticos e vários sistemas elevatórios compactos, num total de 3.
- Zona de Aldeia Nova da Azóia:  
Apresenta apenas uma bacia de drenagem, o PE 09, completamente gravítica.
- Zona de Pinheirinhos:  
Apresenta apenas uma bacia de drenagem, o PE 10, completamente gravítica.
- Zona de Facho de Azóia:  
Apresenta duas bacia de drenagem, o PE 11 e PE 12, ambas completamente gravíticas.
- Zona de Aguncheiro e Fetais:  
Apresenta apenas uma bacia de drenagem, o PE 17, completamente gravítica.
- Zona de Fornos:  
Apresenta apenas uma bacia de drenagem, o PE 18, e respetivo sistema elevatório compacto.

Relativamente ao Subsistema de Zambujal-Aiana, as bacias foram agrupadas apenas em três diferentes, tal que:

- Zona de Zambujal de Cima:  
Engloba as redes referentes às bacias do PE 19 e PE 21, ambas constituídas por redes de coletores gravíticos e respetivos sistemas elevatórios compactos.
- Zona de Vale Figueiras:  
Engloba as redes referentes às bacias do PE 22 a PE 28, constituídas por redes de coletores gravíticos, mas apenas um sistema elevatório compacto.
- Zona de Aiana:  
Engloba as redes referentes às bacias do PE 29 e PE 30, ambas constituídas por redes de coletores gravíticos e respetivos sistemas elevatórios compactos.

A escolha de sistemas elevatórios compactos prendeu-se com duas situações, o facto de serem bastante numerosos, e o facto de os caudais a bombear serem muito reduzidos<sup>18</sup>. Assim, por forma a salvaguardar ao máximo os interesses técnico-económicos do cliente, foi desenvolvida uma solução

---

<sup>17</sup> Originalmente em sede de NT, eram 30, na fase final eram 25, os restantes foram abandonados ou reunidos com outros.

<sup>18</sup> O facto de a topografia ser relativamente desfavorável aumentou o número de bacias de drenagem, sendo as bacias de dimensão muito reduzida. Acresce o facto de estar em causa zonas com densidade populacional bastante baixa.

“mista”, que consiste em dotar as EE compactas de órgãos e acessórios complementares, por forma a garantir o seu melhor funcionamento. Esta questão encontra-se abordada no capítulo 6.3.2.2.

#### 6.2.1.4. Listagem e Caracterização das Infraestruturas

Apresenta-se no Quadro 6.6 a caracterização das principais infraestruturas projetadas.

Quadro 6.6 – Infraestruturas estudadas no âmbito do “Projeto das Redes de Drenagem do Concelho de Sesimbra - Lote Poente” (Fonte: Consórcio AMBIO/FASE)

Subsistema	Zona a Drenar	Ponto de Entrega	População	Caudal (l/s)	Extensão (m)	Tipo de Rede	Características dos Coletores	Designação do Sistema Elevatório Associado	Características da EE	Ponto de Entrega do Sistema Elevatório	Ponto de Entrega Geral da Rede Intercetor / EE "em alta"
SISTEMA AZÓIA, AGUNCHEIRO / FETAIS E FORNOS	Azoia	PE 01.B	123	1,3	619	G+E	PP-C DN200	EE Azoia C	Q=5,5l/s; Hm=11,0mca P=4CV	CV 86 - PE 01.A	PB a executar / Rede em baixa a executar
		PE 01.A	929	5,3	4522	G+E	PP-C DN200	EE Azoia A	Q=5,5l/s; Hm=8,1mca P=3CV	CV 11 - PE 01.A	EE da Azoia - Sistema em Alta
						G+E	PP-C DN200	EE Azoia B	Q=5,5l/s; Hm=14,2mca P=4CV	CV 57 - PE 01.A	
	Serra da Azoia	PE 02	622	4,1	3672	G+E	PP-C DN200	EE Serra da Azoia A	Q=5,5l/s; Hm=13,6mca P=4CV	CV 49 - PE 02	EE Serra da Azoia - Sistema em Alta
						G+E	PP-C DN200	EE Serra da Azoia B	Q=5,5l/s; Hm=12,4mca P=4CV	CV 8 - PE 02	
		PE 03	125	1,1	142	G	PP-C DN200	-	-	-	Intercetor de Aldeia Nova / Pinheirinhos - Sistema em Alta
		PE 04	104	1,0	406	G	PP-C DN200	-	-	-	
		PE 06	154	1,4	326	G	PP-C DN200	-	-	-	
		PE 07	52	0,6	142	G	PP-C DN200	-	-	-	
		PE 08	167	1,5	272	G+E	PP-C DN200	EE Aldeia Nova	Q=5,5l/s; Hm=20,0mca P=7.5CV	Rede Existente	EE de Aldeia Nova - Sistema em Alta
	Aldeia Nova	PE 09	271	2,3	1676	G	PP-C DN200	-	-	-	
	Pinheirinhos	PE 10	221	1,9	1517	G	PP-C DN200	-	-	-	EE de Pinheirinhos - Sistema em Alta
	Aguncheira / Fetais	PE 17	370	3,2	1496	G	PP-C DN200	-	-	-	Intercetor do Casalinho - Sistema em Alta
	Fornos	PE 18	524	3,3	2904	G+E	PP-C DN200	EE Fornos	Q=5,5l/s; Hm=7,2mca P=2CV	CV 18 - PE 18	Intercetor de Fornos - Sistema em Alta
SISTEMA ZAMBUJAL / AIANA	Zambujal de Cima	PE 19	341	2,8	996	G+E	PP-C DN200	EE Zambujal de Cima A	Q=5,5l/s; Hm=28,4mca P=10CV	Rede Existente	PB a executar / Rede Existente
		PE 21	389	2,9	1391	G+E	PP-C DN200	EE Zambujal de Cima B	Q=5,5l/s; Hm=26,1mca P=10CV	Rede Existente	Rede em Baixa Existente
	Aiana / Vale Figueiras	PE 22	130	1,3	255	G	PP-C DN200	-	-	-	Intercetor do Vale da Abelheira - Sistema em Alta
		PE 23	99	1,2	1113	G	PP-C DN200	-	-	-	
		PE 24	268	2,2	1524	G	PP-C DN200	-	-	-	
		PE 25	126	1,2	179	G	PP-C	-	-	-	



Subsistema	Zona a Drenar	Ponto de Entrega	População	Caudal (l/s)	Extensão (m)	Tipo de Rede	Características dos Coletores	Designação do Sistema Elevatório Associado	Características da EE	Ponto de Entrega do Sistema Elevatório	Ponto de Entrega Geral da Rede Intercetor / EE "em alta"
							DN200				
		PE 26	140	1,3	618	G	PP-C DN200	-	-	-	
		PE 27	126	1,2	475	G	PP-C DN200	-	-	-	
		PE 28	973	5,9	7860	G+E	PP-C DN200	EE Vale Figueiras	Q=5,5l/s; Hm=14,9mca P=5,5CV	CV 9 - PE 28	
	Laje e Aiana	PE 29	178	1,7	748	G+E	PP-C DN200	EE Aiana	Q=5,5l/s; Hm=31,0mca P=10CV	CV 108 - PE 30	PB a executar / Rede em baixa a executar
		PE 30	1106	6,2	6686	G+E	PP-C DN200	EE Aiana de Cima	Q=5,5l/s; Hm=7,8mca P=3CV	CV 164 - PE 30	Estação Elevatória Pinhal de Aiana - Sistema em Alta

## 6.2.2. PROJETO DE INFRAESTRUTURAS “EM BAIXA” DOS CONCELHOS DE OURÉM E PORTO DE MÓS – LOTES G E F<sup>19</sup>

### 6.2.2.1. Descrição Geral

As redes de drenagem que constituem o Projeto das Infraestruturas “em baixa” dos concelhos de Ourém e Porto de Mós, destinam-se a drenar as águas residuais domésticas destes dois concelhos, interligando-as com as infraestruturas “em alta” aí existentes, garantindo a máxima cobertura das povoações associadas aos seguintes subsistemas:

- Subsistema do Lote G – Ourém;
- Subsistema do Lote F – Porto de Mós.

Os esquemas de princípio, neste caso constituídos pelas bacias de drenagem de cada lote encontram-se representados na Figura 6.13.

<sup>19</sup> Desenvolvido pela FASE para a SIMLIS.

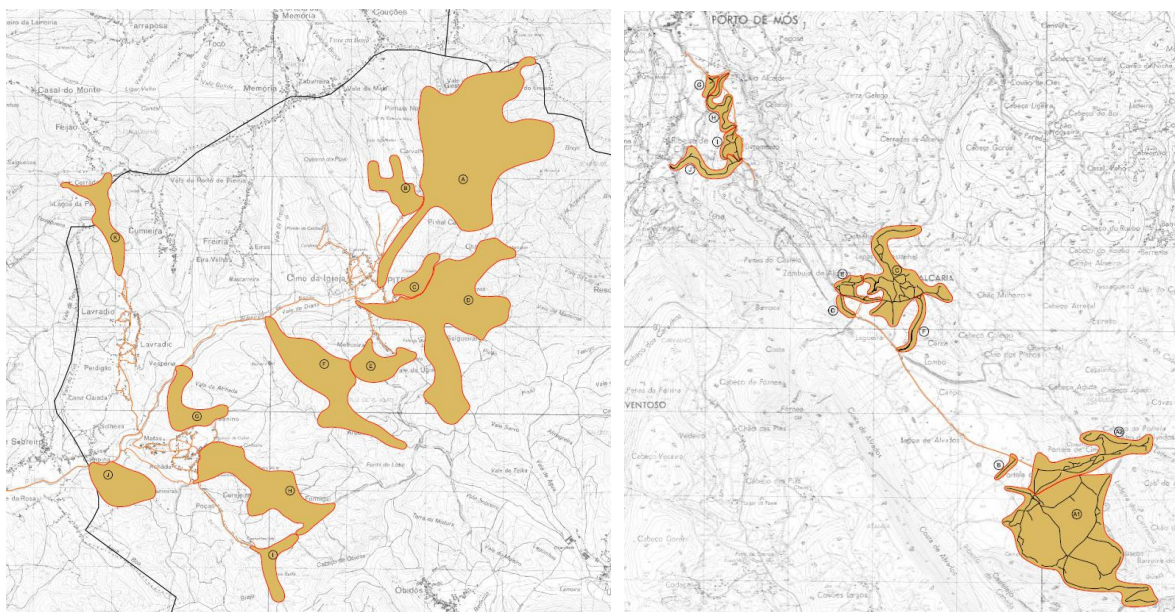


Figura 6.13 – Esquema das Bacias de Drenagem para o Lote G – Ourém e Lote F – Porto de Mós (Fonte: FASE)

Como princípio de conceção, foi privilegiado, em todas as situações em que tal se apresentasse possível, o escoamento gravítico das redes, ainda que para que tal possa suceder tenha que se utilizar caminhos particulares em soluções de corta-mato.

O horizonte de projeto considerado foi de 40 anos, tendo a população a servir no horizonte de projeto sido estimada em 2,3 mil habitantes.

No conjunto, as redes dos dois lotes perfazem um total de sensivelmente 77 quilómetros, interligados à rede “em alta” existente, por meio de ligações gravíticas, ou com o auxílio dos 2 sistemas elevatórios, um por lote, de conceção tradicional.

#### 6.2.2.2. Caudais de Dimensionamento

Os caudais de dimensionamento foram determinados com base nas populações recenseadas e no levantamento dos estabelecimentos hoteleiros existentes na zona de influência.

#### 6.2.2.3. Configuração Global do Sistema de Drenagem

Tal como referido para o projeto de drenagem apresentado anteriormente, as redes de drenagem elaboradas no projeto em causa tiveram como pressuposto principal aumentar a taxa de atendimento do sistema de drenagem, por forma a cumprir o objetivo do PEASAAR, garantindo uma cobertura superior a 95%.

Nestas situações, em que já existem grandes extensões de rede em funcionamento, em que as infraestruturas “em alta”, nas quais se pretende descarregar, já se encontram construídas e por vezes em funcionamento, o que implica o cumprimento de profundidades nos pontos de descarga muito rígidas, torna-se praticamente impossível conceber um sistema puramente gravítico.

Para os dois lotes em causa, foram estudados os possíveis pontos de entrega, ou seja a rede “em alta”, e a topografia das zonas a drenar, definindo-se as bacias de drenagem, e percebendo-se a necessidade dos dois sistemas elevatórios referidos – Lote G, Bacia K – EE de Lagoa da Pedra e Lote F, Bacia J – EE de Aivados.

Relativamente ao Lote G, foram constituídas onze bacias de drenagem, às quais está associado um total de 50 quilómetros de rede.

- Bacia A - Serve as povoações de Vale do Freixo, Costa Sismarias, Falgar, Maia, Couções, Pinhais Novos, Carvalhal e Espite, todos pertencentes à freguesia de Espite.
- Bacia B - Serve a povoação de Castelo da freguesia de Espite.
- Bacia C - Serve a povoação de Braga da freguesia de Espite.
- Bacia D - Serve as povoações de Chã, Casal Monte, Salgueiral, Braga, Vale do Ugreiro e Brejo. Esta bacia apresenta como particularidade especial a existência de um longo troço de rede que deverá ser executado ao longo de uma linha de água, uma vez que as cotas apresentadas pela rede viária são contrárias ao pretendido para um escoamento gravítico das redes.
- Bacia E - Serve a povoação de Meliceira da freguesia de Espite.
- Bacia F - Serve as povoações de lugares de Cortes e Areeiro, todos pertencentes à freguesia de Espite.
- Bacia G - Serve a povoação de Casal Menino.
- Bacia H - Serve as povoações de Formigal, Cerejeiras e Cubal.
- Bacia I - Serve a povoação de Formigal.
- Bacia J - Serve as povoações de Campina e Achada.
- Bacia K - Serve as povoações de Lagoa da Pedra e Cumeeira, e trata-se da única bacia que dispõe de sistema elevatório.

Relativamente ao Lote F, foram constituídas dez bacias de drenagem, às quais está associado um total de 27 quilómetros de rede.

- Bacias A 1 e A 2 - Serve a povoação de Aivados.
- Bacia B – Serve uma pequena parcela noroeste da povoação de Aivados.
- Bacia C, D, E e F – Servem a povoação de Alcária, pertencente à freguesia com o mesmo nome.
- Bacia G, H, I - Servem a povoação de Livramento.
- Bacia J – Também serve a povoação de Livramento da freguesia de Aivados, e trata-se da única bacia que dispõe de sistema elevatório.

#### 6.2.2.4. Listagem e Caracterização das Infraestruturas

Apresenta-se no Quadro 6.7 a caracterização das principais infraestruturas projetadas.

Quadro 6.7 – Infraestruturas estudadas no âmbito do “Projeto das Infraestruturas “em baixa” dos Concelhos de Ourém e Porto de Mós – Lotes G e F” (Fonte: FASE)

Lote	Bacia	Ponto de Entrega	População	Caudal (l/s)	Extensão (m)	Tipo de Rede	Características dos Coletores	Características da EE
Lote G - Ourém	Bacia A	PE 21	228	2,04	13123,1	Gravítica	PPC - DN200	-
	Bacia B	PE 20 A	37	0,58	1929,7	Gravítica	PPC - DN200	-
		PE 20 B	9	0,14			PPC - DN200	-
	Bacia C	PE 19 B	25	0,40	1289,6	Gravítica	PPC - DN200	-
		PE 19 A	13	0,20			PPC - DN200	-
	Bacia D	PE 18	177	1,73	11824,9	Gravítica	PPC - DN200	-

Lote	Bacia	Ponto de Entrega	População	Caudal (l/s)	Extensão (m)	Tipo de Rede	Características dos Coletores	Características da EE
	Bacia E	PE 16	33	0,52	1052,1	Gravítica	PPC - DN200	-
		PE 17	22	0,35			PPC - DN200	-
	Bacia F	PE 15	80	1,05	4776,5	Gravítica	PPC - DN200	-
	Bacia G	PE 11	30	0,47	1719,1	Gravítica	PPC - DN200	-
		PE 23	9	0,14			PPC - DN200	-
	Bacia H	PE 13	306	2,49	7677,5	Gravítica	PPC - DN200	-
	Bacia I	PE 22	79	1,04	1193,3	Gravítica	PPC - DN200	-
		PE 14	41	0,65			PPC - DN200	-
	Bacia J	PE 9	81	1,05	2143,0	Gravítica	PPC - DN200	-
		PE 12	31	0,49			PPC - DN200	-
	Bacia K	PE 10 A	107	1,25	2688,3	Gravítico + Elevatório	PPC - DN200	-
		PE 10 B	19	0,30			PPC - DN200	EE Lagoa da Pedra (Q=5,0l/s; Hm=28,2mca; P=7.5CV Entrega Cx 24; Perfil 1; Rede Bacia K
Lote F - Porto de Mós	Bacia A1	PE 1 A	308	2,50	9615,5	Gravítica	PPC - DN200	-
	Bacia A2	PE 1 B	250	2,17	4409,5	Gravítica	PPC - DN200	-
	Bacia B	PE 5	10	0,16	375,0	Gravítica	PPC - DN200	-
	Bacia C	PE 2 A	261	2,24	5392,5	Gravítica	PPC - DN200	-
	Bacia D	PE 3	15	0,24	315,0	Gravítica	PPC - DN200	-
	Bacia E	PE 2 B	16	0,25	1454,6	Gravítica	PPC - DN200	-
	Bacia F	PE 9	11	0,18	840,8	Gravítica	PPC - DN200	-
	Bacia G	PE 7	20	0,32	418,0	Gravítica	PPC - DN200	-
	Bacia H	PE 8	31	0,48	1492,3	Gravítica	PPC - DN200	-
	Bacia I	PE 6	41	0,64	991,5	Gravítica	PPC - DN200	-
	Bacia J	PE 4 A	10	0,16	1359,5	Gravítica	PPC - DN200	-
		PE 4 B	2	0,03		Gravítico + Elevatório	PPC - DN200	EE Alvados (Q=5,0l/s; Hm=16,1mca; P=5.5CV Cx 1; Perfil 1; Rede Bacia B

### 6.2.3. EMPREITADA DE EXECUÇÃO DAS REDES DE DRENAGEM DE ÁGUAS RESIDUAIS DA PARTE SUL DA FREGUESIA DE TORRES DO MONDEGO – CARVALHOSAS, PALHEIROS E ZORRO<sup>20</sup>

#### 6.2.3.1. Descrição Geral

As redes de drenagem que constituem o Projeto das Redes de Drenagem de Águas Residuais da Zona Sul da Freguesia de Torres do Mondego, destinam-se a drenar as águas residuais domésticas das três povoações situadas na encosta da margem esquerda do rio Mondego, garantindo a máxima cobertura dos sistemas de drenagem de águas residuais e a beneficiação da drenagem pluvial.

Paralelamente ao que foi referido para os sistemas anteriores, foram consideradas três zonas de drenagem, que correspondem geograficamente às três povoações em causa.

- Povoação de Zorro;
- Povoação de Palheiros;

<sup>20</sup> Desenvolvido pela FASE para a Águas de Coimbra.

- Povoação de Carvalhosas.

As redes funcionam sequencialmente, pela ordem indicada, que corresponde à orientação montante/jusante do rio Mondego.

O sistema apresenta um único ponto de entrega “em alta”, a futura ETAR de Coimbra, a construir também na margem esquerda do rio, a sudoeste da freguesia de Torres do Mondego, e a jusante das povoações a servir.

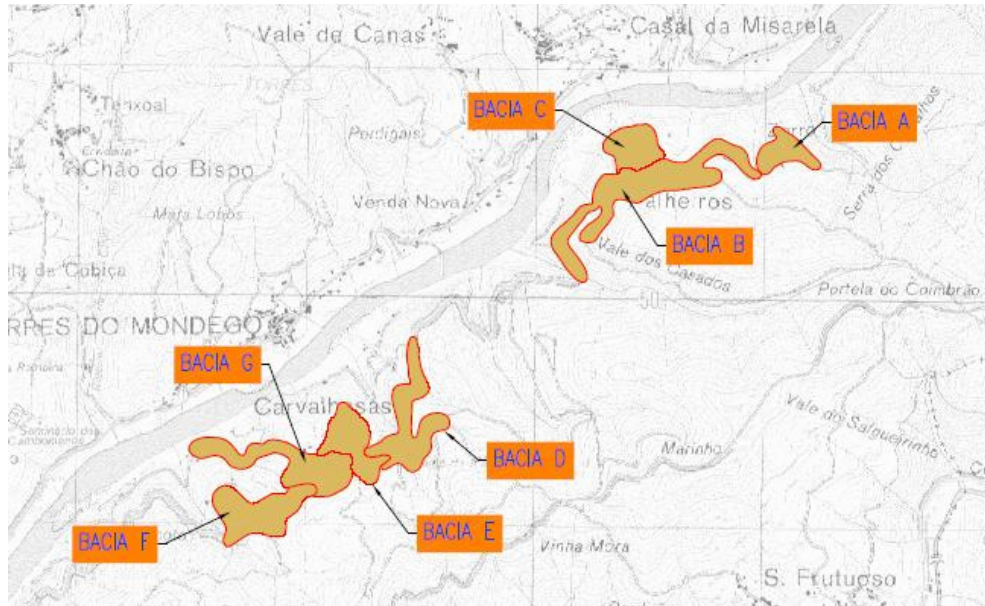


Figura 6.14 – Esquema das Bacias de Drenagem para as três povoações – Carvalhosas, Palheiros e Zorro (Fonte: FASE)

Como princípio de conceção, foi privilegiado, em todas as situações em que tal se apresentasse possível, o escoamento gravítico das redes. Neste caso, embora a referência anterior de que o sistema se desenvolve em paralelo ao rio e com o mesmo sentido de escoamento, a natureza rochosa e escarpada da encosta não permite a execução do necessário emissário gravítico, em condições de segurança e a custos adequados ao plano de investimentos da AdC.

O horizonte de projeto considerado foi de 40 anos, tendo a população a servir no horizonte de projeto sido estimada em 1300 habitantes.

No conjunto, as redes da zona sul da freguesia de Torres do Mondego perfazem um total de sensivelmente 9 quilómetros, distribuídos por seis bacias de drenagem e interligados entre si e ao sistema “em alta” por meio de 6 sistemas elevatórios.

#### 6.2.3.2. Caudais de Dimensionamento

Os caudais de dimensionamento foram determinados com base nas populações recenseadas, e pelo método anteriormente descrito.

#### 6.2.3.3. Configuração Global do Sistema de Drenagem

As redes de drenagem elaboradas no projeto em causa tiveram como pressuposto principal aumentar a taxa de atendimento do sistema de drenagem, por forma a cumprir o objetivo do PEASAAR, garantindo uma cobertura superior a 95%.

Trata-se de uma zona de difícil solução técnica, sobretudo devido às condicionantes orográficas.

A área de intervenção é muito acidentada, a encosta da margem esquerda do Mondego é aqui muito íngreme, e com imensos afloramentos rochosos de origem granítica.

O facto de as três povoações serem exclusivamente servidas pela estrada municipal CM 1157, e de grande parte dos caminhos não serem acessíveis a veículos motorizados é outra das grandes condicionantes à solução técnica.

As povoações em causa não dispõem de qualquer sistema público de drenagem de águas residuais.

Existe um único ponto de entrega previsto, o Intercetor de Carvalhosas, que encaminhará o efluente para a futura ETAR.

As redes desenvolvidas podem ser agrupadas em duas zonas diferentes, tal que:

- Zona de Zorro e Palheiros, coberta pelas bacias de drenagem A, B e C.
- Zona de Carvalhosas, coberta pelas bacias de drenagem D, E e F.

De notar que, cada bacia de drenagem é dotada de um sistema elevatório, que em geral bombará o efluente drenado para a cota da estrada que dá acesso às três povoações.

Dado o peso que os sistemas de bombagem terão relativamente ao sistema em geral, optou-se por uma solução tipo sistemas elevatórios compactos, embora recorrendo a construção civil tradicional.

As redes apresentam também algumas particularidades, destacando-se o facto de, em vários troços serem instaladas “à vista”, com recurso a coletores em FFD, e dotadas de tampas de inspeção, para substituição das câmaras de visita.

#### 6.2.3.4. Listagem e Caracterização das Infraestruturas

Apresenta-se no Quadro 6.8 a caracterização das principais infraestruturas projetadas.

Quadro 6.8 – Infraestruturas estudadas no âmbito do “Projeto das Redes de Drenagem de Águas Residuais da Parte Sul da Freguesia de Torres do Mondego – Carvalhosas, Palheiros e Zorro” (Fonte: FASE)

Bacia de Drenagem	Ponto de Entrega	População	Caudal	Extensão	Tipo de Rede	Características dos Colectores	Designação do Sistema Elevatório Associado	Características da EE	Ponto de Entrega do Sistema Elevatório	Ponto de Entrega Geral da Rede Intercetor / EE “em alta”
Bacia A	EE Zorro 1 (A)	75	1,4	447	G+E	PPC - DN200	EE Zorro 1 (A)	Q=5,5l/s; Hm=49,3mca P=20CV	CV 09 (B)	-
Bacia B	EE Palheiros 1 (B)	305	3,5	2552	G+E	PPC - DN200	EE Palheiros 1 (B)	Q=6,0l/s; Hm=61,8mca P=30CV	CV 55 (D)	-
Bacia C	EE Palheiros 2 (C)	184	2,6	591	G+E	PPC - DN200	EE Palheiros 2 (C)	Q=5,5l/s; Hm=67,2mca P=30CV	CV 61 (B)	-
Bacia D	EE Carvalhosas 1 (D)	80	1,6	1372	G+E	PPC - DN200	EE Carvalhosas 1 (D)	Q=7,0l/s; Hm=53,2mca P=25CV	CV 28 (E)	-
Bacia E	EE Carvalhosas 2 (E)	261	3,1	1208	G+E	PPC - DN200	EE Carvalhosas 2 (E)	Q=5,5l/s; Hm=37,4mca P=20CV	CV 19 (G)	-
Bacia F	EE Carvalhosas 3 (F)	236	2,9	1226	G+E	PPC - DN200	EE Carvalhosas 3 (F)	Q=5,5l/s; Hm=35,1mca P=13,5CV	CV 36 (G)	-
Bacia G	Intercetor de Carvalhosas	133	2,0	1592	G	PPC - DN200	-	-	-	Intercetor de Carvalhosas

Bacia de Drenagem	Ponto de Entrega	População	Caudal	Extensão	Tipo de Rede	Características dos Coletores	Designação do Sistema Elevatório Associado	Características da EE	Ponto de Entrega do Sistema Elevatório	Ponto de Entrega Geral da Rede Intercetor / EE "em alta"
										as

### 6.3. METODOLOGIAS DE CONCEÇÃO DE ALGUMAS INFRAESTRUTURAS. LAYOUT DESENVOLVIDO

#### 6.3.1. INFRAESTRUTURAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

Na elaboração de projetos de abastecimento, à parte o tratamento, há a considerar três tipos de infraestruturas fundamentais:

- Conduatas, adutoras “em alta” e redes de distribuição “em baixa”
- Reservatórios;
- Sistemas de elevação – estações elevatórias.

Nos subcapítulos seguintes apresentam-se algumas considerações relativamente à conceção de conduatas adutoras, que são de certa forma similares às redes, bem como à conceção de reservatórios e às estações elevatórias.

##### 6.3.1.1. Conduatas Adutoras

No caso do projeto de conduatas, sejam elas de adução ou distribuição, os principais pilares são o respeito pelos critério de dimensionamento, sendo que nessa matéria o Decreto Regulamentar n.º 23/95, de 23 de Agosto, que aprova o Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais, constituiu o documento de referência, e o cálculo hidráulico propriamente dito, para o qual se podem usar vários métodos de cálculo alternativos, desde a fórmula Darcy–Weisbach associada a Colebrook-White, passando por Manning-Strickler para escoamento em pressão, ou Hazen-Williams.

#### Critérios de Dimensionamento

Como principais critérios de dimensionamento temos:

- O material das tubagens e respetivas características associadas;
- A velocidade e o tipo de escoamento;
- A inclinação dos troços e recobrimento da tubagem.

Diâmetro mínimo	Não aplicável
Material das tubagens	Materiais plásticos, ex: PEAD
Inclinação da rasante	
Mínima	0,3% nos troços ascendentes
Máxima	15% para Tubagens plásticas
Velocidade de escoamento	
Mínima	0,5 m/s;
Máxima	1,5 m/s;
Recobrimento mínimo da conduta (extradorso), em geral	0.80 m;
Distância máxima entre seccionamentos	2 000 m.

Em função da diretriz em planta e em perfil, em função da inclinação vertical dos troços, da existência de mudanças de direção e acessórios e das características dos materiais, pode ser necessário proceder à amarração da conduta, ou à sua ancoragem, tal que:

- Maciços de Amarração para zonas de inclinação acentuada:
  - Deverão ser considerados para inclinações superiores a 15% em tubagens plásticas;
  - Deverão ser considerados para inclinações superiores a 25% em tubagens metálicas;
- Ancoragem de Curvas e Acessórios:
  - Não é necessário proceder amarração em tubagens soldadas, em que toda a conduta funciona como um todo;
  - Quando as juntas sejam de abocardar, podem ser considerados dois métodos:
    - Maciços de Ancoragem, em geral;
    - Juntas travadas, para tubagens de FFD.

### Dimensionamento Económico do Sistema (pré-dimensionamento)

Conhecido o caudal de dimensionamento de um determinado troço, para pré-dimensionamento do diâmetro das condutas é frequente recorrer-se à expressão proposta no Regulamento para a velocidade máxima recomendada, que é a seguinte:

$$v = 0,127 x D^{0,4} \xrightarrow{\text{em que}} \begin{cases} v \rightarrow \text{velocidade de escoamento (m/s)} \\ D \rightarrow \text{Diâmetro útil (mm)} \end{cases} \quad (\text{Equação 6.1})$$

### Dimensionamento Hidráulico (ou verificação das condições de escoamento)

#### *Fórmula de Manning-Strickler (escoamento em pressão)*

Normalmente utilizada para regime de escoamento em superfície livre, é também aplicável a escoamento em pressão, considerando secção cheia e que a variável “i” (inclinação, m/m) do escoamento em superfície livre, é equivalente à variável “j” (perda de carga unitária, m/m) do escoamento em pressão.



$$\left| \begin{array}{l} Q = K_S \cdot S \cdot R_h^{2/3} \cdot \sqrt{j} \\ \text{ou} \\ j = \frac{v^2}{K_S^2 \cdot R_h^{4/3}} \end{array} \right. \xrightarrow{\text{em que}} \left\{ \begin{array}{l} Q \rightarrow \text{Caudal} \left( \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \right) \\ K_S \rightarrow \text{Coeficiente de Rugosidade do material} \\ S \rightarrow \text{Secção molhada} (\text{m}^2) \\ R_h \rightarrow \text{Raio hidráulico (m)} \\ j \rightarrow \text{Perda de carga unitária (m/m)} \\ v \rightarrow \text{velocidade de escoamento} \left( \frac{\text{m}}{\text{s}} \right) \end{array} \right.$$

(Equação 6.2)

Em escoamento em pressão (tubagem cheia)

$$\left| \begin{array}{l} v = \frac{Q}{S} \\ S = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \\ R_h = \frac{S}{P_m} = \frac{D}{4} [\text{secção cheia}] \end{array} \right. \xrightarrow{\text{em que}} \left\{ \begin{array}{l} Q \rightarrow \text{Caudal} \left( \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \right) \\ S \rightarrow \text{Secção molhada} (\text{m}^2) \\ P_m \rightarrow \text{Perímetro molhado (m)} \\ R_h \rightarrow \text{Raio hidráulico (m)} \\ v \rightarrow \text{velocidade de escoamento} \left( \frac{\text{m}}{\text{s}} \right) \\ D \rightarrow \text{Diâmetro útil (m)} \end{array} \right.$$

(Equação 6.3)

#### *Fórmula de Darcy-Weisbach associada a Colebrook-White*

A expressão mais precisa e universalmente utilizada para análise de escoamento em condutas em pressão, é a equação de Darcy-Weisbach, proposta em 1845. Esta fórmula está usualmente associada à equação de Colebrook-White para determinação do facto de atrito.

$$\Delta h = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g} \xrightarrow{\text{em que}} \left\{ \begin{array}{l} \Delta h \rightarrow \text{Perda de carga (mca)} \\ f \rightarrow \text{Factor de Atrito de Darcy - Weisbach} \\ L \rightarrow \text{Comprimento do tubo (m)} \\ v \rightarrow \text{velocidade de escoamento} \left( \frac{\text{m}}{\text{s}} \right) \\ D \rightarrow \text{Diâmetro útil (mm)} \\ g \rightarrow \text{aceleração gravítica} \left( \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right) \end{array} \right.$$

(Equação 6.4)

#### *Equações explícitas de Colebrook-White<sup>21</sup> para determinação do facto de atrito*

A equação de Colebrook-White tem sido considerada como a mais precisa lei de resistência ao escoamento e sendo utilizada como referência.

<sup>21</sup> Embora Colebrook-White tenha durante muito tempo sido a fórmula com resultados mais precisos, e seja ainda a mais divulgada, existem outras fórmulas equivalentes, de outros estudiosos, com erros menores, nomeadamente Sousa-Cunha-Marques, 1999 (erro = 0,123%), Haaland, 1983 (erro = 0,220%), Barr, 1972 (erro = 0,375%), Swamee-Jain, 1976 (erro = 0,386%) e Churchill, 1973 (erro = 0,393%).

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \cdot \log_{10} \left( \frac{\varepsilon}{3,7 \cdot D} + \frac{2,51}{R_e \cdot \sqrt{f}} \right) \xrightarrow{\text{em } v \text{ que}} \begin{cases} f \rightarrow \text{Factor de Atrito de Darcy - Weisbach} \\ \varepsilon \rightarrow \text{Rugosidade equivalente da parede do tubo} \\ R_e \rightarrow \text{Número de Reynolds} \rightarrow Re = \frac{v \cdot D}{\nu} \\ D \rightarrow \text{Diâmetro útil (mm)} \end{cases}$$

(Equação 6.5)

### Fórmula de Hazen-Williams

A Fórmula de Hazen-Williams é uma das mais simples. Trata-se de uma fórmula empírica e não é de uso comum no dimensionamento de condutas, embora seja uma ótima aproximação em fase de pré-dimensionamento, e muito prática para verificações expeditas de cálculo hidráulico.

$$Q = 0,2785 \cdot C \cdot D^{2,63} \cdot j^{0,54} \xrightarrow{\text{em que}} \begin{cases} Q \rightarrow \text{Caudal (m}^3/\text{s)} \\ C \rightarrow \text{Coeficiente de Rugosidade da parede do tubo} \\ D \rightarrow \text{Diâmetro útil (m)} \\ j \rightarrow \text{Perda de carga unitária (m/m)} \end{cases}$$

(Equação 6.6)

A avaliação das cotas piezométricas ao longo das condutas adutoras é então efetuada com base na estimativa das perdas de carga associadas ao escoamento do caudal de projeto.

O dimensionamento e as condições hidráulicas de funcionamento em regime permanente das condutas adutoras são apresentados em quadros semelhantes ao da Figura 6.15.

### SUBSISTEMA DE CORUCHE / VALVERDE Projectos de Execução dos Subsistemas de Abastecimento de Água de Coruche / Valverde / Fajarda / Montinhos / Z.I. Monte da Barca

Condutas Adutoras do Subsistema de Coruche - Condutas Adutoras Elevatórias de Valverde e Cemitério e Conduta Adutora Gravítica de Meia Encosta

#### CONDIÇÕES DE FUNCIONAMENTO HIDRÁULICO PARA O CAUDAL DE DIMENSIONAMENTO DAS CONDUTAS ADUTORAS

Pontos Notáveis/Perfis		Caudal de projeto no troço (l/s)	Cota de soleira dos Nós/conduta		Distância (m)		Di (m)	Material/PN	Rh (m)	Velocidade de (m/s)	Perda de carga unitária (*1,1 para perdas localizadas) (m/m)	Perda de Carga Total no Troço (mca)	Cota Piezométrica Estática (mca)	Cota Piezométrica Dinâmica (mca)		Pressão Estática (mca)		Pressão Dinâmica	
														Cota Dinâmica		Pressão		Pressão	
Montante	Jusante		Montante (m)	Jusante (m)	entre Nós	à origem								Montante (m)	Jusante (m)	Montante (m)	Jusante (m)	Montante (m)	Jusante (m)
Conduta Adutora Elevatória de Valverde -- Q <sub>dimensionamento</sub> = 6.6 l/s -- TUBAGEM DA CONDUITA EM PEAD DN125 mm, PN 10(Ks=100 m <sup>+1/3</sup> .s <sup>-4</sup> .l)																			
EE SANTO ANTONINO SUL	VV 1	6.60	77.50	77.02	20.00	-	0.125	FFD, no interior da EE	0.031	0.54	0.003232	2.36	139.80	139.80	137.44	62.30	62.78	62.30	60.42
VV 1	VV 2	6.60	77.02	76.61	27.59	27.59	0.110	PEAD	0.028	0.69	0.006330	0.17	139.80	137.44	137.26	62.78	63.19	60.42	60.65
VV 2	VV 3	6.60	76.61	75.78	47.00	74.59	0.110	PEAD	0.028	0.69	0.006330	0.30	139.80	137.26	136.96	63.19	64.02	60.65	61.18
VV 3	VV 4	6.60	75.78	71.27	108.97	183.56	0.110	PEAD	0.028	0.69	0.006330	0.69	139.80	136.96	136.27	64.02	68.53	61.18	65.00
VV 4	VV 5	6.60	71.27	70.07	33.69	217.25	0.110	PEAD	0.028	0.69	0.006330	0.21	139.80	136.27	136.06	68.53	69.73	65.00	65.99
VV 5	VV 6	6.60	70.07	70.02	2.70	219.95	0.110	PEAD	0.028	0.69	0.006330	0.02	139.80	136.06	136.04	69.73	69.78	65.99	66.03
VV 6	VV 7	6.60	70.02	69.26	38.21	258.16	0.110	PEAD	0.028	0.69	0.006330	0.24	139.80	136.04	135.80	69.78	70.55	66.03	66.55
VV 7	VV 8	6.60	69.26	69.19	3.26	261.42	0.110	PEAD	0.028	0.69	0.006330	0.02	139.80	135.80	135.78	70.55	70.61	66.55	66.59
VV 8	VV 9	6.60	69.19	68.09	42.33	303.75	0.110	PEAD	0.028	0.69	0.006330	0.27	139.80	135.78	135.51	70.61	71.71	66.59	67.43
VV 9	VV 10	6.60	68.09	67.77	12.08	315.83	0.110	PEAD	0.028	0.69	0.006330	0.08	139.80	135.51	135.44	71.71	72.03	67.43	67.67
VV 10	VV 11	6.60	67.77	68.52	150.64	466.47	0.110	PEAD	0.028	0.69	0.006330	0.95	139.80	135.44	134.48	72.03	71.28	67.67	65.96
VV 11	VV 12	6.60	68.52	71.57	59.28	525.74	0.110	PEAD	0.028	0.69	0.006330	0.38	139.80	134.48	134.11	71.28	68.23	65.96	62.53
VV 12	VV 13	6.60	71.57	76.04	86.78	612.52	0.110	PEAD	0.028	0.69	0.006330	0.55	139.80	134.11	133.56	68.23	63.76	62.53	57.52
VV 13	VV 14	6.60	76.04	78.01	90.83	703.35	0.110	PEAD	0.028	0.69	0.006330	0.57	139.80	133.56	132.98	63.76	61.79	57.52	54.97
VV 14	VV 15	6.60	78.01	77.88	19.74	723.09	0.110	PEAD	0.028	0.69	0.006330	0.12	139.80	132.98	132.86	61.79	62.12	54.97	55.17
VV 15	VV 16	6.60	77.88	77.37	19.27	742.36	0.110	PEAD	0.028	0.69	0.006330	0.12	139.80	132.86	132.74	62.12	62.43	55.17	55.37
VV 16	VV 17	6.60	77.37	75.49	25.00	767.36	0.110	PEAD	0.028	0.69	0.006330	0.16	139.80	132.74	132.58	62.43	64.31	55.37	57.09
VV 17	VV 18	6.60	75.49	75.06	5.74	773.10	0.110	PEAD	0.028	0.69	0.006330	0.04	139.80	132.58	132.54	64.31	64.74	57.09	57.48
VV 18	VV 19	6.60	75.06	74.65	5.39	778.49	0.110	PEAD	0.028	0.69	0.006330	0.03	139.80	132.54	132.51	64.74	65.15	57.48	57.85
VV 19	VV 20	6.60	74.65	73.42	16.45	794.94	0.110	PEAD	0.028	0.69	0.006330	0.10	139.80	132.51	132.40	65.15	66.38	57.85	58.98
VV 20	VV 21	6.60	73.42	72.77	7.85	802.79	0.110	PEAD	0.028	0.69	0.006330	0.05	139.80	132.40	132.35	66.38	67.03	58.98	59.59
VV 21	VV 22	6.60	72.77	71.23	16.53	821.32	0.110	PEAD	0.028	0.69	0.006330	0.12	139.80	132.35	132.24	67.03	68.57	59.59	61.00
VV 22	VV 23	6.60	71.23	67.61	48.03	869.35	0.110	PEAD	0.028	0.69	0.006330	0.30	139.80	132.24	131.93	68.57	72.19	61.00	64.32
VV 23	VV 24	6.60	67.61	66.75	14.00	883.35	0.110	PEAD	0.028	0.69	0.006330	0.09	139.80	131.93	131.84	72.19	73.05	64.32	65.10

Figura 6.15 – Layout de um quadro de cálculo de uma conduta adutora do "Subsistema de Coruche / Valverde" – Adutora de Valverde (Fonte: FASE)

Paralelamente, é comum indicar-se graficamente o andamento das piezométricas, em gráficos similares ao apresentado na Figura 6.16.

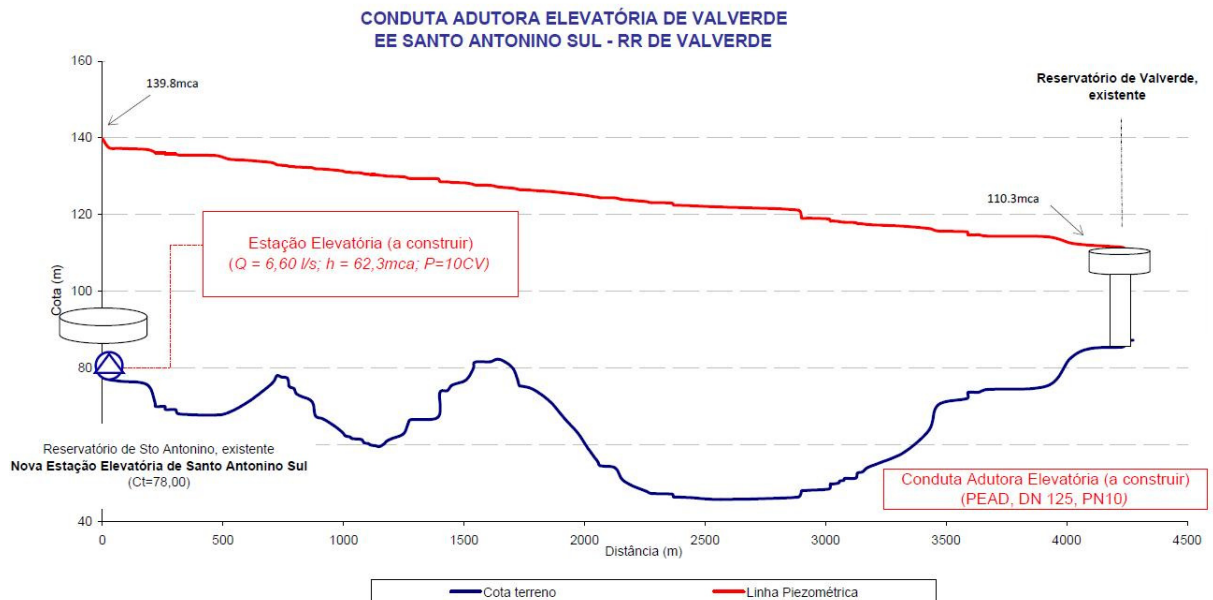


Figura 6.16 – Layout de um gráfico de andamento das piezométricas de uma conduta adutora do "Subsistema de Coruche / Valverde" – Adutora de Valverde (Fonte: FASE)

Nestes quadros encontram-se indicadas as perdas de carga e as cotas piezométricas em regime permanente (máxima e mínima), para as condições de escoamento do caudal máximo de dimensionamento, ou seja, o caudal de projeto, bem como outras verificações efetuadas para caudais mínimos, para a primeira fase de projeto, ou caudais de funcionamento dos GEB, no caso das condutas elevatórias.

### Materiais e Classes de Pressão

Os tubos e acessórios a instalar deverão resistir, com segurança, às pressões máximas a que irão estar sujeitos.

Para a definição das pressões nominais dos tubos e acessórios a utilizar, seguiu-se o critério de escolher a classe de pressão mínima que englobe a pressão de serviço (PS) da tubagem, entendendo-se como pressão de serviço, a pressão hidrostática - que corresponde à pressão estática máxima, em condutas gravíticas. No caso de condutas elevatórias, deve ser considerada a pressão máxima à saída dos grupos eletrobomba (GEB), à saída de uma estação elevatória, ou à pressão máxima causada no ponto mais baixo do sistema (se não coincidir com a EE).

As condutas deverão ainda ser capazes de resistir a situações de regime transitório – choque hidráulico. Neste caso, em princípio é feita uma verificação preliminar e se necessário determinado o dispositivo de proteção adequado, pelo que o PN da tubagem não tem que ser necessariamente superior às pressões da conduta em regime transitório, sem proteção. Embora existam outras possibilidades, de uma maneira geral as condutas elevatórias são protegidas por meio de reservatórios de ar comprimido, instalados no circuito de compressão comum dos GEB, uma vez que também ajudam a estabilizar o funcionamento da EE. Nas condutas gravíticas, o controlo dos regimes

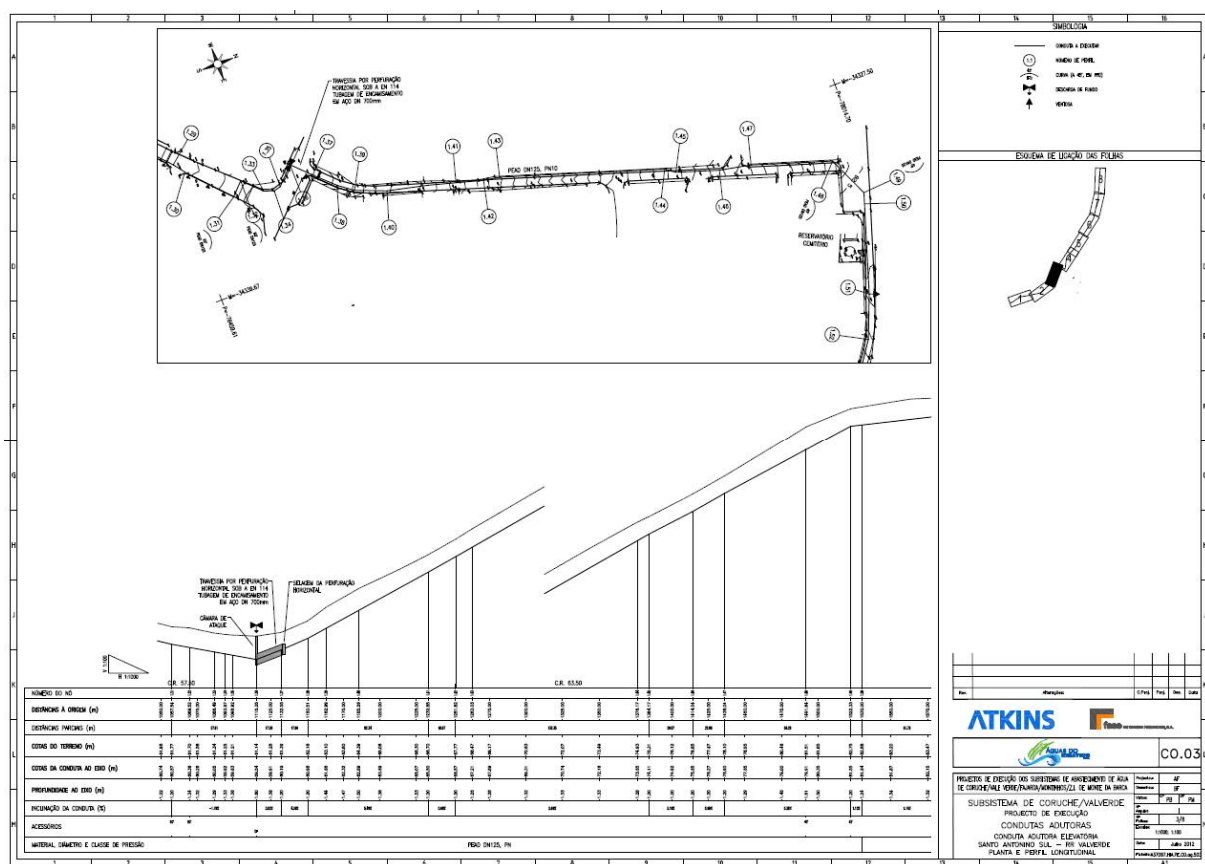
transitórios está normalmente associado ao controlo do fecho da válvula de jusante, obrigando a um fecho lento.

### Acessórios. Descargas de Fundo, Ventosas e Seccionamentos

Ao longo das condutas adutoras devem ser instalados três tipos de órgãos acessórios:

- Ventosas ou purgadores, nos pontos altos do traçado em perfil;
- Descargas de fundo, nos pontos baixos do traçado em perfil;
- Válvulas de seccionamento, com o objetivo de permitir o isolamento de troços de tubagem com uma extensão que não deve exceder os 2000m.

Apresenta-se na Figura 6.17 o exemplo de um troço do traçado de uma adutora em planta e perfil.



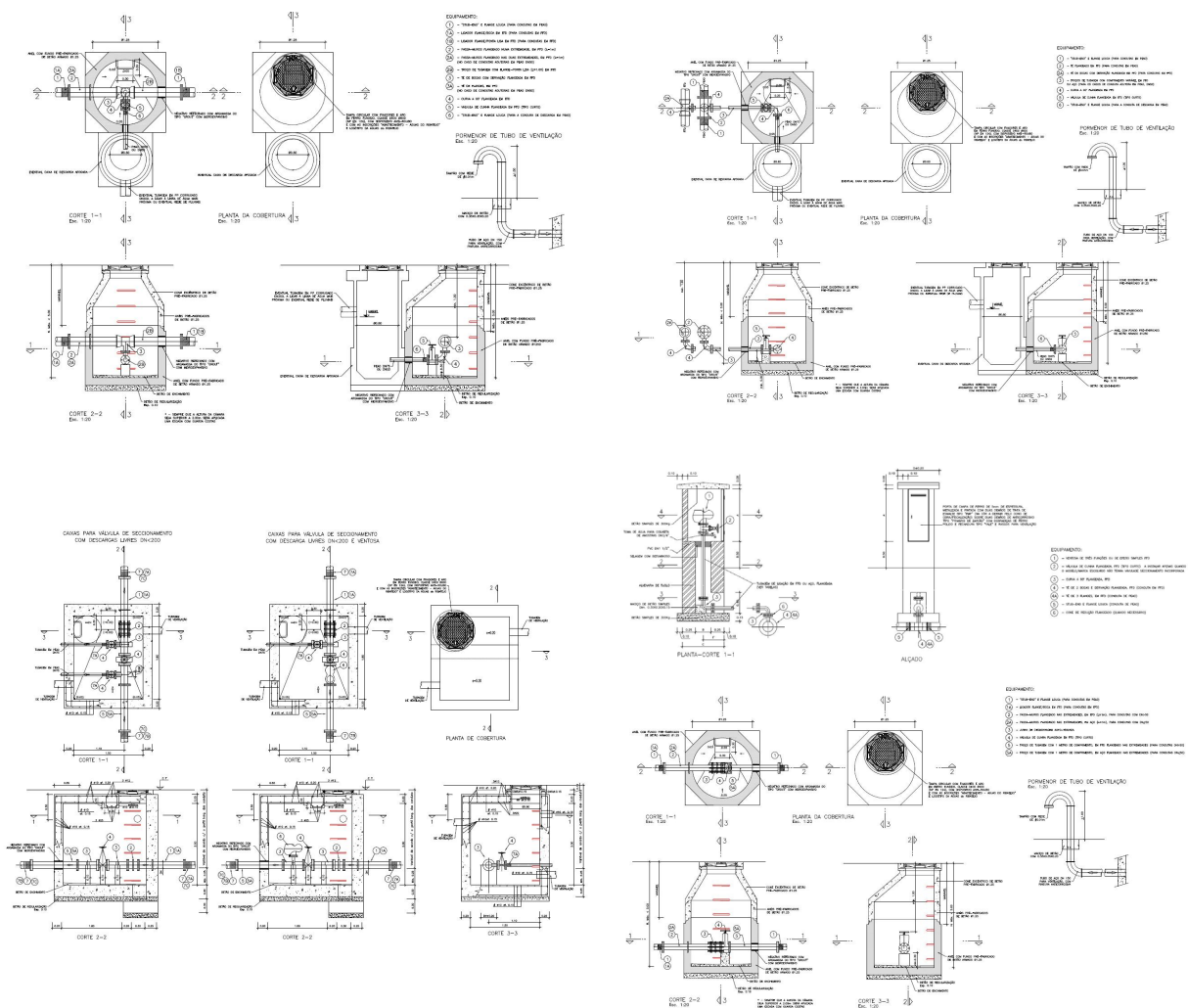


Figura 6.18 – Layout de órgão acessórios – seccionamentos, descargas e ventosas, de uma conduta adutora do "Subsistema de Coruche / Valverde" – Adutora de Valverde (Fonte: FASE)

### 6.3.1.2. Reservatórios

Um reservatório é, como o próprio nome indica, uma infraestrutura de armazenamento de água. Não obstante, existem vários tipos de reservatório e várias finalidades possíveis.

Mais uma vez, o Decreto Regulamentar n.º 23/95, de 23 de Agosto, constitui uma ferramenta de referência no que à conceção de RR diz respeito.

A conceção de um RR está intimamente ligada com vários fatores, que se passam de seguida a enumerar e explicar:

- **Função.** Um RR pode ter uma ou várias funções, entre as quais, o armazenamento para abastecimento direto à povoação e respetiva regularização dos consumos, constituir uma reserva suplementar para combate a incêndio e avarias, equilíbrio de pressões no sistema e regularização de bombagens. De uma maneira geral são o acumulado de funções a desempenhar que determinam a sua capacidade.



- **Localização.** A localização de um reservatório está ligada a duas variáveis, a sua função, e a disponibilidade de terreno para implantação. Por sua vez, será condicionante do tipo de reservatório a adotar.

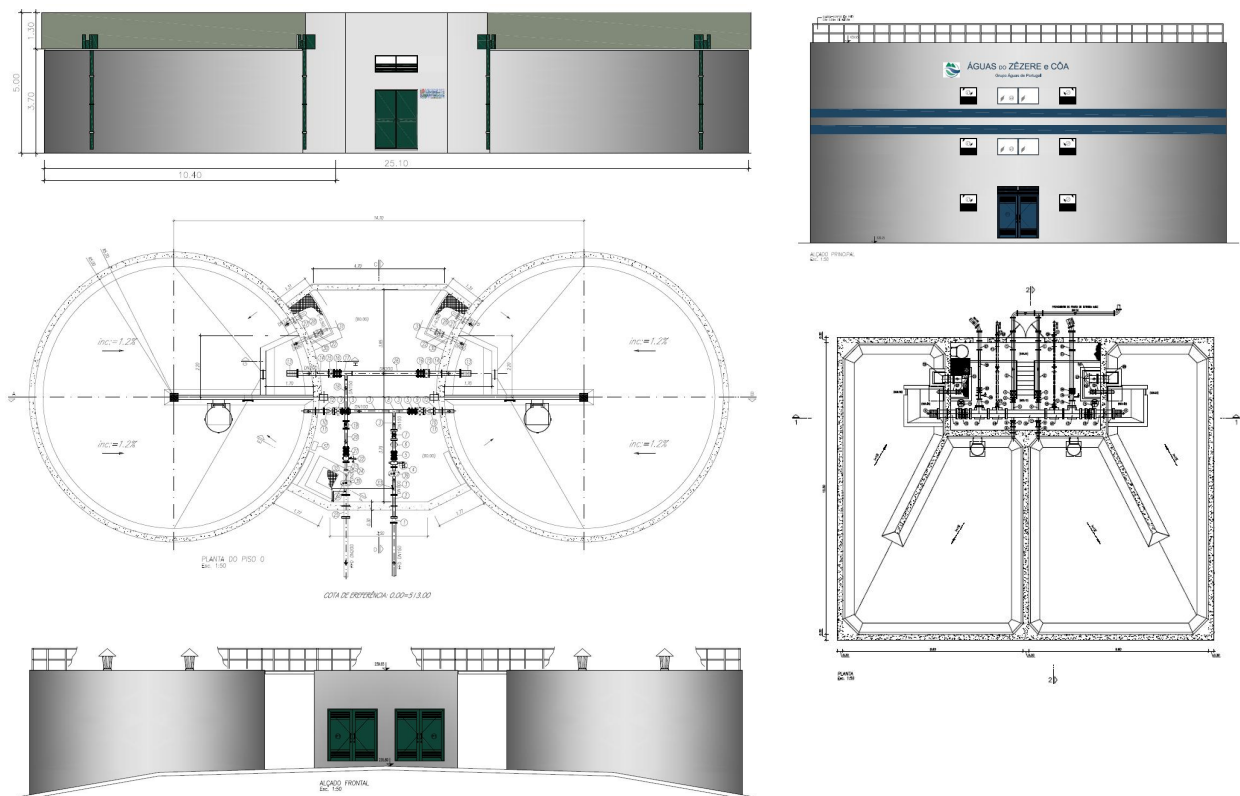
Sistematizando, se a principal função do reservatório é:

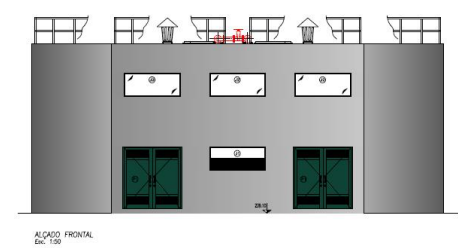
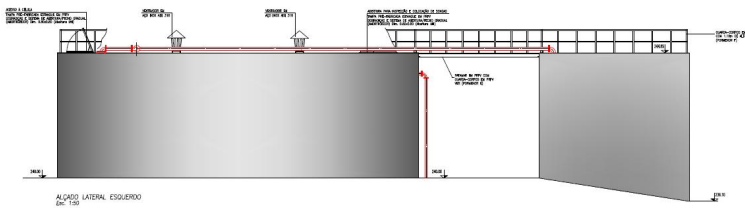
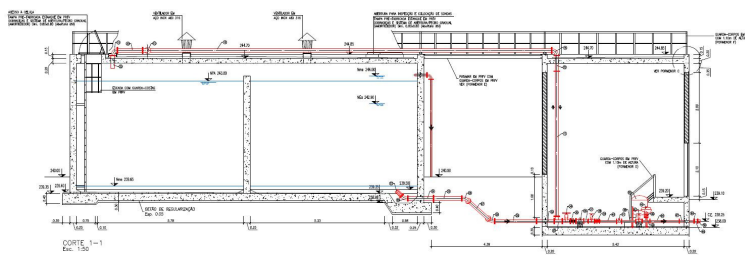
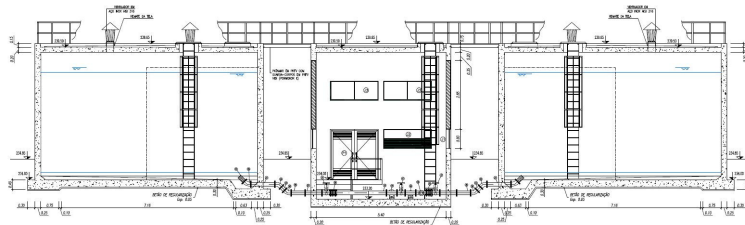
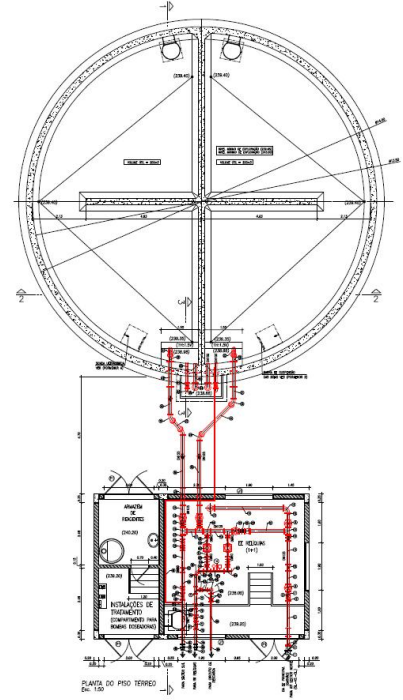
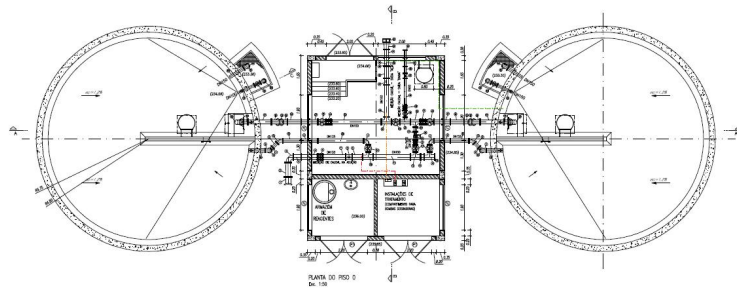
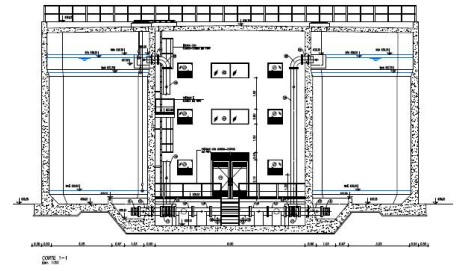
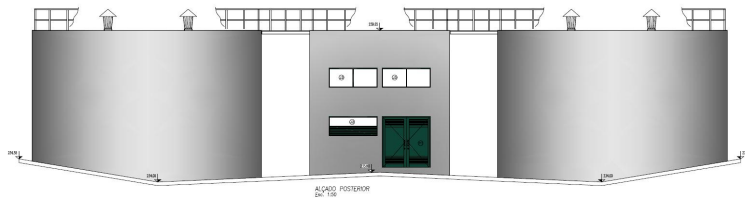
- *Regularização dos consumos, predominantemente RR “em baixa”.* O RR deve ser implantado o mais próximo possível do centro de gravidade dos locais de consumo, a uma cota que garanta as pressões mínimas em toda a rede.
- *Equilíbrio de Pressões no Sistema, predominantemente RR “em alta”.* Em zonas topograficamente muito acidentadas, os RR podem ser distribuídos por forma a criar-se patamares de pressão, de forma a que as pressões do sistema se encontrem entre os limites mínimo e máximo admissíveis.

Por outro lado, a tipologia do terreno de implantação, bem como a topografia da zona a servir, determinarão o *layout* final do RR, em termos de definição de formas:

- *Terrenos planos e/ou pouco acidentados.* O RR terá que ser elevado, ou em alternativa instalar-se um sistema elevatório para pressurização da rede “em baixa”.
- *Terrenos muito acidentados.* O RR poderá ficar semienterrado para melhor implantação na encosta.

Apresenta-se na Figura 6.19, alguns *layout* alternativos.





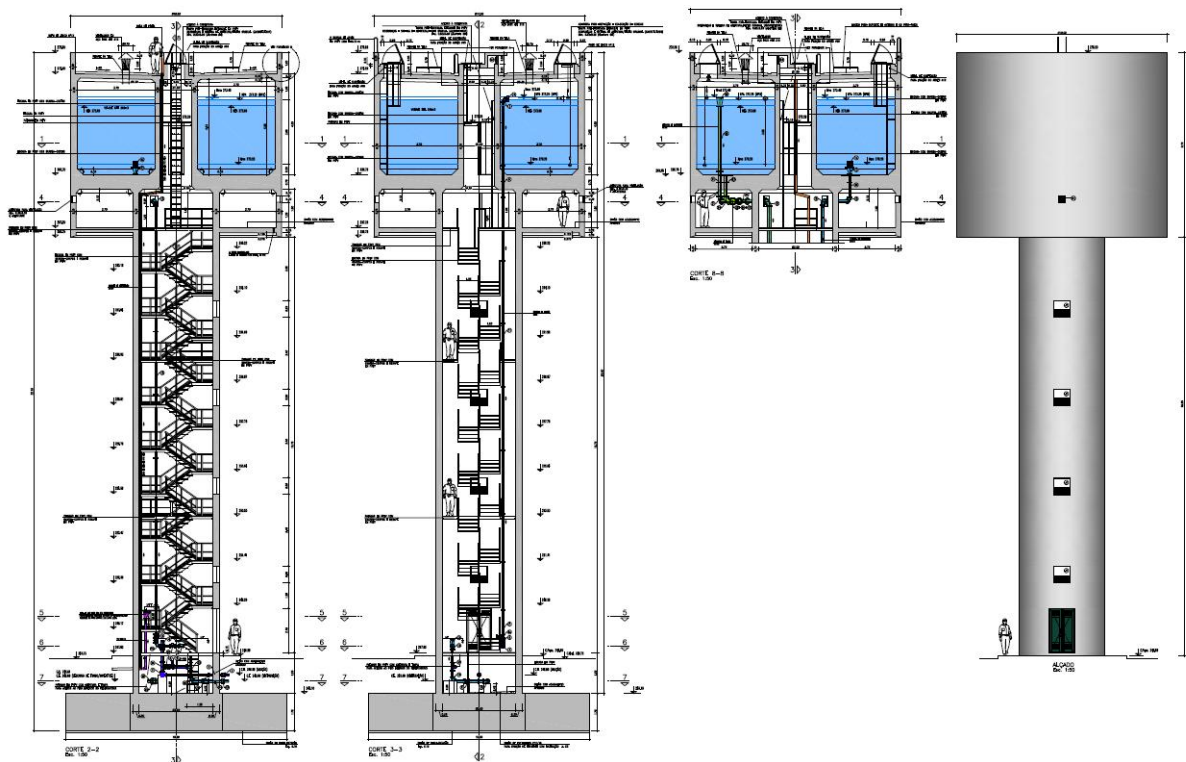


Figura 6.19 – Layout alternativos para vários tipos de reservatórios. Projectos variados desenvolvidos para diferentes clientes do Grupo AdP – AdZC, AgdA, AdDP, etc. (Fonte: FASE)

### Critérios de Dimensionamento

O principal critério de dimensionamento de um RR é a sua capacidade de reserva. Esta deve ser capaz de fazer face às seguintes necessidades de consumo:

- Reserva para fazer face aos consumos de ponta;
- Reserva para o dia de maior consumo e/ou mês de maior consumo, conforme sejam dimensionadas as condutas adutoras;
- Reserva para fazer face a dias consecutivos de consumos superiores ao consumo médio do mês de maior consumo;
- Reserva para regularização de bombagens, a montante e/ou jusante;
- Reserva para incêndio e/ou avarias.

A reserva útil, ou volume útil de um RR corresponde ao somatório dos volumes listados, e não deve em caso algum ser inferior ao Consumo médio diário anual, afetado de um factor de majoração regulamentar, em função da dimensão do agregado populacional a servir.

A determinação do volume mínimo necessário é sempre feita através de duas curvas de caudais acumulados para ao longo do dia, a curva de entrada e a curva de saída, correspondendo o volume de regularização ao acumulado do diferencial entre as duas funções ao longo do tempo. Matematicamente, o volume do reservatório terá que ser maior ou igual do que o integral do módulo da diferença entre as funções “adução” e “distribuição”.

Apresenta-se na Figura 6.20, dois exemplos teóricos para a determinação do volume de regularização de um reservatório, i) aduzido graviticamente, ii) aduzido por bombagem.



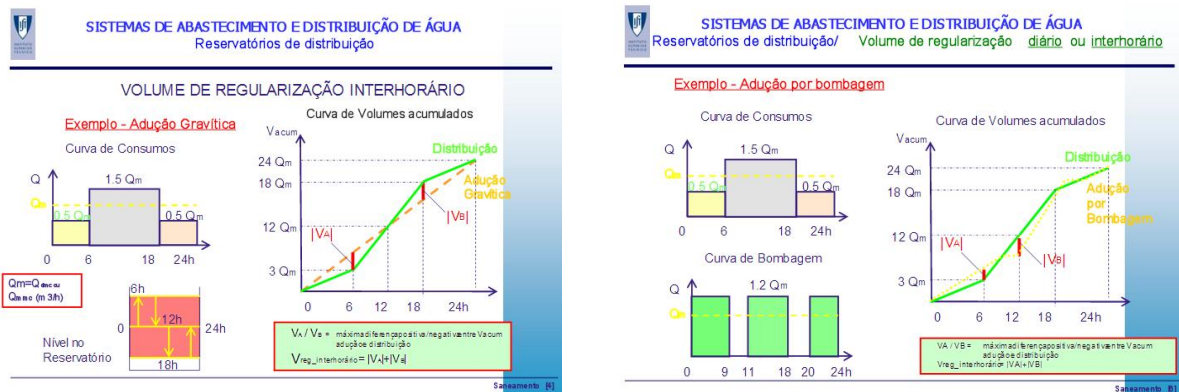


Figura 6.20 – *Curvas de Dimensionamento de Reservatórios, em função do Tipo de Adução* (Fonte: Documentação de Apoio do Instituto Superior Técnico, retirada de <http://slideplayer.com.br/slide/1736989/>, em 12/06/2015)

## Circuitos Hidráulicos

Na conceção de um reservatório, há a considerar três circuitos hidráulicos fundamentais:

- Circuito de entrada / adução;
- Circuito de saída, que podem subdividir-se em:
  - Saída para a rede “em baixa” gravítica;
  - Saída para adução a outro reservatório, “em alta”;
  - Saída para sistema elevatório;
  - Circuito de *bypass*, que permite que a água aduzida passe diretamente do circuito de entrada, para o circuito de saída.
- Circuitos de descarga e emergência:
  - Descarga de superfície, que deve funcionar como descarga de emergência quando a adução não pára, uma vez atingido o nível máximo de alarme;
  - Descarga de fundo, destinado a ser utilizado em operações de manutenção e limpeza, para esvaziamento das células.

Os circuitos hidráulicos são compostos por equipamentos mecânicos e eletromecânicos, e por acessórios em linha, que permitem, em conjunto com os equipamentos de instrumentação e/ou de medição e controlo, controlar todo o funcionamento do reservatório.

Para além dos equipamentos de medição e controlo, os equipamentos mecânicos e eletromecânicos mais importantes, que facilitem e melhorem o funcionamento do RR são:

- Válvula de seccionamento, destinadas a possibilitar / facilitar operações de manutenção e intervenção nos circuitos;
- Juntas de desmontagem, destinadas a possibilitar / facilitar operações de manutenção e intervenção nos circuitos.

Para o dimensionamento dos calibres das tubagens e acessórios dos circuitos de entrada e saída, é comum considerarem-se velocidades da ordem de 1m/s.

A descarga de superfície é dimensionada para ter uma capacidade de descarga pelo menos igual ao caudal máximo aduzido, enquanto a descarga de fundo deverá ser dimensionada em função do tempo pretendido para o esvaziamento da célula.

### **Acessórios e equipamentos de Medição, Controlo e Instrumentação**

Os equipamentos de medição e controlo destinam-se a:

- A otimização do funcionamento do sistema;
- A medição e transmissão de níveis;
- A medição e transmissão de caudais;
- Transmissão de dados para parametrização, e/ou acionamento à distância.

Nesse sentido, os equipamentos mais vulgarmente utilizados são:

- Caudalímetros eletromagnéticos;
- Medidores de nível ultrassónicos ou sondas hidrostáticas;
- Boias de nível.

### **Controlo da Adução**

O controlo da adução pode ser feito de várias formas, dependendo do tipo de adução, gravítica ou elevatória, e dos equipamentos a instalar. Apresentam-se de seguida algumas das alternativas mais comuns:

- **Adução por Elevação.**
  - As boias de nível / medidor de nível enviarão as ordens de comando à EE Adutora, funcionando a EE apenas em função dessa comunicação; Neste caso, todas as válvulas do circuito de adução poderão ser manuais e apenas terão a função de seccionamento para intervenções de manutenção.

**OU**

- A adução é controlada por uma válvula hidráulica, que abre e fecha em função do diferencial de pressão entre a carga de água na célula e a pressão a montante. Neste caso, a EE Adutora terá de ser do tipo hidropneumática, funcionando em função das pressões verificadas a jusante dos grupos; Os GEB arrancam quando se verifique um abaixamento de pressão na EE, abaixamento esse causado pela abertura da válvula hidráulica instalada no circuito de entrada do RR, que por sua vez foi causado pelo abaixamento do nível de água na célula, e vice-versa.

- **Adução Gravítica.**

- A adução é controlada por uma válvula motorizada, que abre e fecha em função da ordem dada pelas boias de nível / medidor de nível.

**OU**

- A adução é controlada por uma válvula hidráulica, que abre e fecha em função do diferencial de pressão entre a carga de água na célula e a pressão a montante.

**OU**

- A adução é controlada por uma válvula de flutuador, que abre e fecha em função do nível de água na célula.

### Definição de Formas e Níveis de Funcionamento

Na definição de formas de um reservatório há a considerar os seguintes fatores:

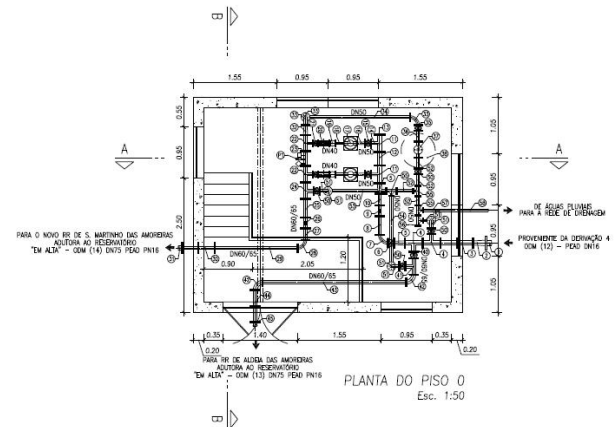
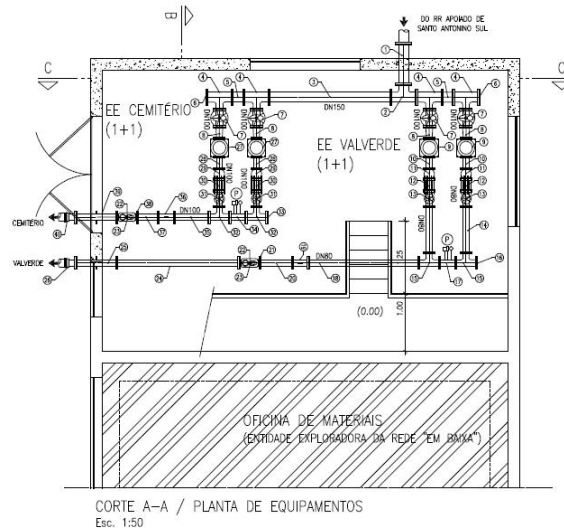
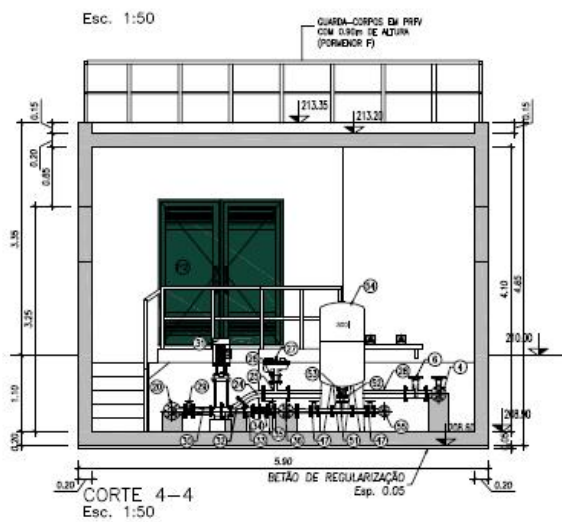
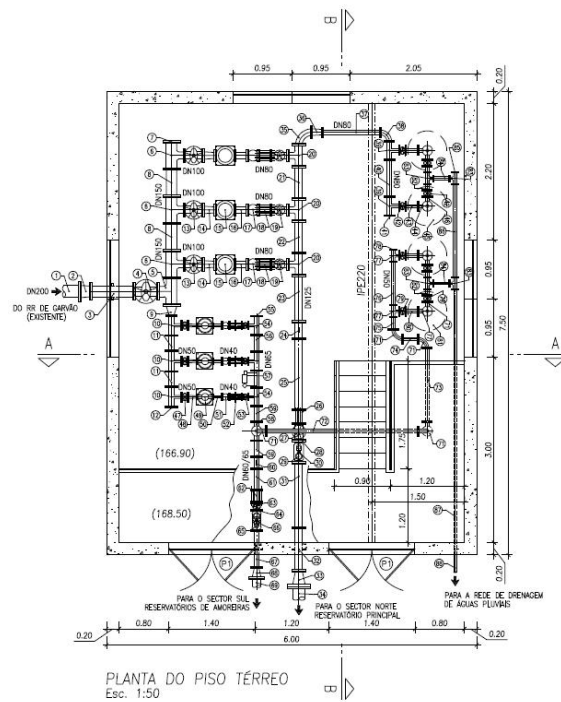
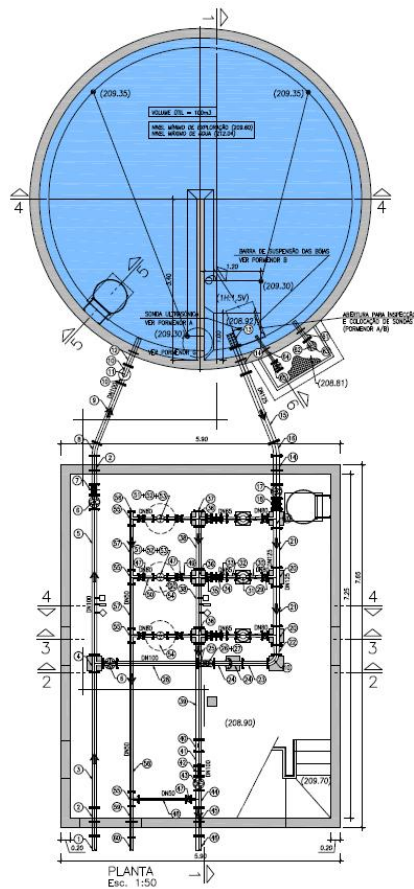
- O volume útil determinado;
- Os níveis de funcionamento, atendendo ao erro associado aos dispositivos de medição, e ao nível de funcionamento pretendido para a descarga de superfície;
- A relação entre a altura de água e a área da célula, normalmente de acordo com os pressupostos constantes do Manual de Saneamento Básico;
- A lâmina de ar superficial, e a relação entre esta e a altura de água.

#### 6.3.1.3. Estações Elevatórias

As estações elevatórias destinam-se a fornecer energia ao escoamento, quando não é possível transportar a água graviticamente. Estas podem ser de vários tipos, conforme o tipo de instalação e o tipo de GEB.

- **Simples, do tipo booster ou hidropneumáticas**, conforme:
  - aspiram água de um reservatório ou câmara de carga e a elevam para um ponto de entrega único, com caudal constante;
  - se instaladas em linha, e se destinam apenas a fornecer o acréscimo de pressão necessária para que a água chegue ao ponto de entrega nas condições desejadas;
  - se estão associadas a reservatórios hidropneumáticos, e funcionam em função das pressões aí verificadas;
- **Submersas ou de instalação a seco**, conforme:  
Sendo que as primeiras apenas se utilizam em furos de captação.
- **Conforme o tipo de GEB:**
  - *Próprios para instalação a seco, ou submersos;*
  - *De eixo horizontal ou vertical;*
  - *De velocidade fixa ou variável.*

Apresenta-se na Figura 6.21, alguns layout alternativos.



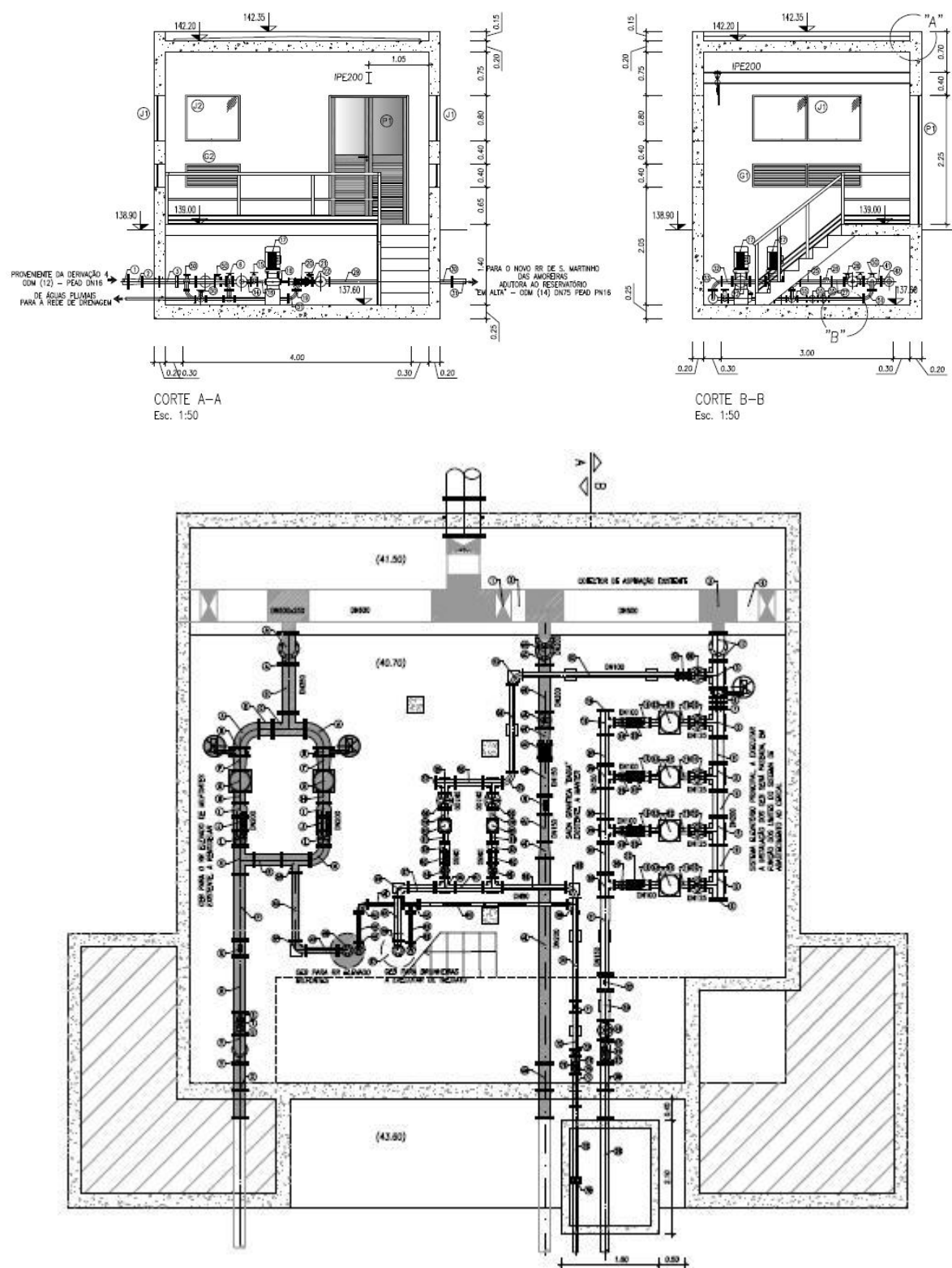


Figura 6.21 – *Layout* alternativos para vários tipos de estações elevatórias de água potável. Projectos variados desenvolvidos para diferentes clientes do Grupo AdP – AdZC, AgdA, AdDP, etc. (Fonte: FASE)

## Critérios de Dimensionamento

O dimensionamento de uma estação elevatória assenta em duas variáveis de base, o caudal a bombear e a altura manométrica dos GEB.

Posto isto, o dimensionamento do sistema elevatório deve ser visto como um todo, considerando o conjunto estação elevatório, incluindo aqui os GEB e todos os acessórios, e a conduta elevatória.

A melhor solução é aquela que, no seu conjunto, apresenta o menor custo do ciclo de vida da bomba, *Life Cycle Cost* (LCC), no espaço de tempo definido como HP.<sup>22</sup>

As bombas são equipamentos que recebem energia mecânica, geralmente fornecida por um equipamento motriz e transformam-na em energia hidráulica, sob a forma de energia potencial de pressão e cinética.

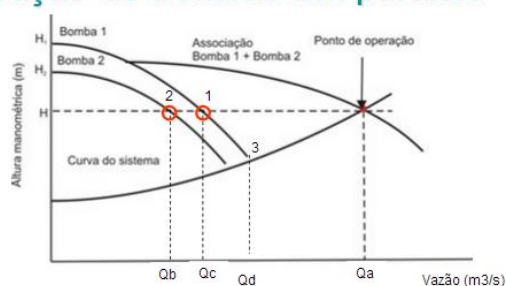
## Dimensionamento otimizado do Sistema Elevatório

O ponto de funcionamento ótimo do sistema elevatório corresponde à interceção de duas funções, a curva de funcionamento da instalação (conduta elevatória) e a curva de funcionamento dos GEB.

No eixo das abcissas define-se o caudal (caudal transportado pela CE vs caudal bombado pelos GEB), ao qual corresponde uma altura (perda de carga da CE vs altura manométrica dos GEB).

Apresenta-se na Figura 6.22 um gráfico tipo das características de uma instalação.

### Operação de bombas em paralelo



### Operação de bombas em série

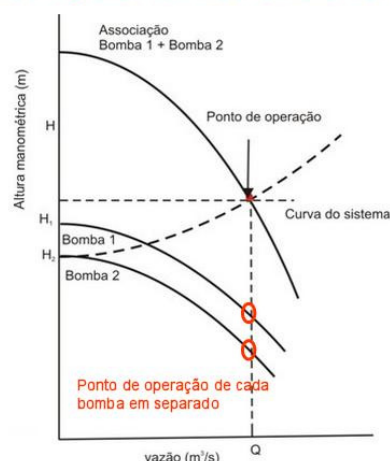


Figura 6.22 – Curvas características da instalação / sistema elevatório

## Verificações complementares. Regimes transitórios

A ocorrência de regimes transitórios é uma variável importante no dimensionamento de um sistema elevatório.

Nestes sistemas, a situação mais comum é a onda de choque provocada por uma paragem instantânea dos GEB, por sua vez causada por uma falha de energia.

<sup>22</sup> Relembra-se que a análise da rentabilidade do sistema tem de considerar, para além do investimento inicial, o custo energético, custos de manutenção do equipamento e outros custos de exploração.

Os regimes transitórios afetam sobretudo as condutas, não obstante, é normalmente na estação que, caso seja necessário, é instalado o dispositivo de controlo, sendo o mais comum, o recurso a reservatórios de ar comprimido, que têm capacidade de equilibrar as pressões, fornecendo água à conduta em fase de depressão, e recebendo-a em fase de sobrepressão.

O choque hidráulico pode ser calculado expeditamente pelas fórmulas de Allievi ou Michaud, conforme o tipo de Manobra, lenta ou rápida, ou por métodos mais exatos como o Método das Características.

### Escolha dos Grupos Eletrobomba (GEB)

A escolha dos GEB passa antes de mais, por uma clara definição das necessidades e objetivos da infraestrutura onde irá ser instalada.

As características dos GEB e as características do sistema devem estar perfeitamente enquadradas de modo a conseguir, para além de um correto dimensionamento dos GEB, a otimização do sistema.

Pese embora o facto de, consoante as soluções estudadas, poderem ser aplicados diferentes tipos de GEB, haverá sempre uma solução que no seu conjunto será mais rentável, e que portanto deverá ser procurada.

Na Figura 6.23, apresenta-se um fluxograma tipo dos passos a seguir na escolha nos GEB.

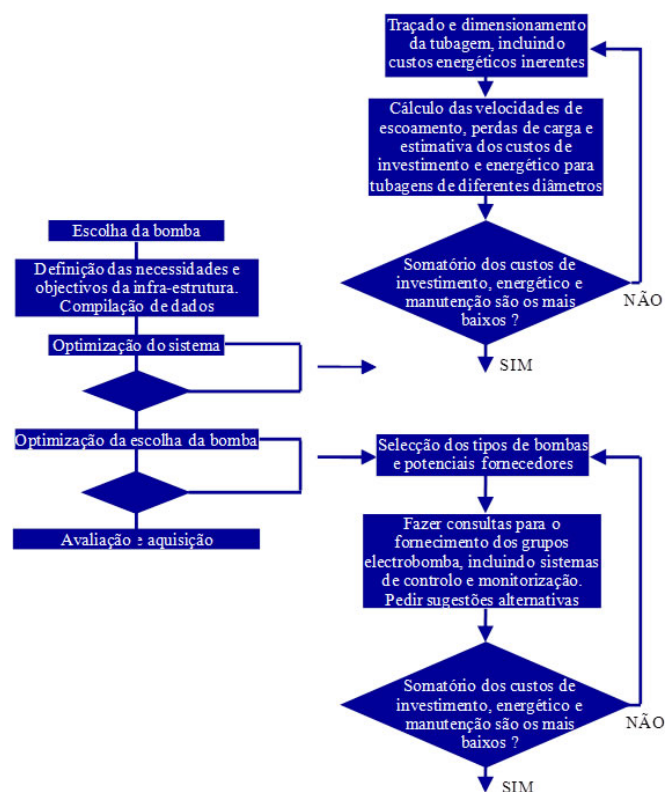


Figura 6.23 – Fluxograma de escolha de uma bomba, segundo Leite (2002)

De referir ainda que os GEB podem ser associados entre si, com vista à otimização da instalação, obtendo-se potencialmente um sistema modular, mais versátil e até menos sensível a problemas de avaria.



## **Circuitos Hidráulicos**

Numa estação elevatória, há a considerar dois circuitos principais, a aspiração e a compressão.

O dimensionamento destes circuitos é feito com bases em velocidades de escoamento máximas para os caudais em causa, assim:

- Circuito de aspiração:
  - Aspiração individual / Aspiração Comum: 1,0m/s;
- Circuitos de Compressão:
  - Compressão individual / Compressão Comum: 1,5 a 2,0m/s.

Cada um destes circuitos hidráulicos é composto por equipamentos mecânicos e eletromecânicos, e por acessórios em linha, que permitem, em conjunto com os equipamentos de instrumentação e/ou de medição e controlo, controlar todo o funcionamento do sistema elevatório.

Para além dos equipamentos de medição e controlo, os equipamentos mecânicos e eletromecânicos mais importantes, que facilitam e melhorem o funcionamento de uma estação elevatória são:

- Válvulas de seccionamento, destinadas a possibilitar/facilitar operações de manutenção e intervenção nos circuitos;
- Juntas de desmontagem, destinadas a possibilitar/facilitar operações de manutenção e intervenção nos circuitos;
- Válvulas de retenção a jusante dos GEB, destinadas a evitar que o escoamento inverta o sentido quando os GEB param, e o esvaziamento da conduta elevatória.

## **Acessórios e equipamentos de Medição, Controlo e Instrumentação**

Os equipamentos de medição e controlo destinam-se a:

- A otimização e/ou controlo do funcionamento do sistema elevatório;
- A segurança da EE, obrigando à sua paragem em caso de parâmetros excessivos;
- A medição e transmissão de pressões;
- A medição e transmissão de caudais;
- Transmissão de dados para parametrização, e/ou acionamento à distância.

Nesse sentido, os equipamentos mais vulgarmente utilizados são:

- Manómetros e Pressostatos;
- Caudalímetros eletromagnéticos.

## **Controlo dos GEB**

Os GEB, podem ser controlados pelos dispositivos de medição e controlo instalados na EE, por jusante, através de uma comunicação recebida do ponto de entrega, ou ainda por montante, em função dos níveis de água aí verificados.

- **Controlo através de pressostatos que indicam a pressão nos circuitos.**

Neste caso, os grupos arrancam ou param, em função das pressões mínimas ou máximas aí verificadas.

Tipo de controlo associado a estações elevatórias hidropneumáticas.

Este tipo de controlo é muitas vezes redundante ao controlo por montante ou jusante.

Nesses casos, destina-se apenas a obrigar a paragem dos GEB, em caso de pressões



excessivamente altas a jusante dos GEB, ou excessivamente baixas a montante. Trata-se de um controlo suplementar de segurança.

- **Controlo através dos níveis do RR de jusante.**

Neste caso, os grupos arrancam ou param, em função da ordem dada em função dos níveis verificados no reservatório de jusante.

- **Controlo através dos níveis do RR de montante.**

Em geral, serve apenas como controlo de segurança, obrigando os GEB a pararem antes no nível de montante ficar excessivamente baixo e causar o desferramento das bombas.

### 6.3.2. INFRAESTRUTURAS DE DRENAGEM DE ÁGUAS RESIDUAIS

No caso de projetos de drenagem residual, analogamente ao abastecimento, há a considerar as seguintes infraestruturas fundamentais:

- Emissários e interceptores “em alta” e redes de drenagem “em baixa”
- Sistemas elevatórios – estações elevatórias.

Nos subcapítulos seguintes apresentam-se algumas considerações relativamente à conceção de redes de drenagem e emissários, bem como às estações elevatórias.

#### 6.3.2.1. Redes de Drenagem e Emissários

No caso do projeto de redes de drenagem, os principais pilares são o respeito pelos critérios de dimensionamento, sendo que nessa matéria o Decreto Regulamentar n.º 23/95, de 23 de Agosto, que aprova o Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais, constituiu o documento de referência. O cálculo hidráulico propriamente dito, tratando-se de escoamento em superfície livre, é por excelência feito a partir da fórmula de Manning-Strickler.

#### Critérios de Dimensionamento

Como principais critérios de dimensionamento temos:

- O material das tubagens e respetivas características associadas, bem como o diâmetro mínimo a considerar;
- A velocidade de escoamento e a altura de lâmina líquida;
- A inclinação dos troços e recobrimento da tubagem;
- A força trativa.

Diâmetro mínimo		200 mm;
Material das tubagens		Materiais plásticos, ex: PEAD
Inclinação da rasante		
	Mínima	0,5%
	Máxima	15%
Força trativa mínima		1.5 N/m <sup>2</sup> ;
Velocidade de escoamento		
	Mínima	0.6 m/s;
	Máxima	3.0 m/s;
Altura de escoamento máxima (% do diâmetro)		50 %;
Recobrimento mínimo do coletor (extradorso), em geral		1,00 m;

Distância máxima entre câmaras de visita

60 m.

**Dimensionamento Hidráulico (ou verificação das condições de escoamento)***Fórmula de Manning-Strickler (escoamento em superfície livre)*

É a fórmula por excelência para dimensionamento de redes de drenagem, com escoamento em superfície livre, residuais ou pluviais.

$$Q = K_s \cdot S \cdot R_h^{2/3} \cdot \sqrt{i} \xrightarrow{\text{em que}} \begin{cases} Q \rightarrow \text{Caudal (m}^3/\text{s)} \\ K_s \rightarrow \text{Coeficiente de Rugosidade do material} \\ S \rightarrow \text{Secção molhada (m}^2\text{)} \\ R_h \rightarrow \text{Raio hidráulico (m)} \\ i \rightarrow \text{inclinação do troço (m/m)} \end{cases}$$

(Equação 6.7)

Em escoamento em superfície livre, tubagens de secção circular, podemos ter as seguintes relações

$$\begin{cases} v = \frac{Q}{S} \\ S = \frac{D^2}{8} [\theta - \sin(\theta)] \\ R_h = \frac{S}{P_m} = \frac{D}{4} \left( \frac{1 - \sin(\theta)}{\theta} \right) \\ \frac{y}{D} = \frac{1}{2} \left( 1 - \frac{\cos(\theta)}{\theta} \right) \end{cases} \xrightarrow{\text{em que}} \begin{cases} Q \rightarrow \text{Caudal (m}^3/\text{s)} \\ S \rightarrow \text{Secção molhada (m}^2\text{)} \\ P_m \rightarrow \text{Perímetro molhado (m)} \\ R_h \rightarrow \text{Raio hidráulico (m)} \\ \theta \rightarrow \text{ângulo ao centro (rad)} \\ v \rightarrow \text{velocidade de escoamento (m/s)} \\ y \rightarrow \text{altura de lâmina líquida (m)} \\ D \rightarrow \text{Diâmetro útil (m)} \end{cases}$$

(Equação 6.8)

**Condições de Autolimpeza. Força trativa**

O facto de as águas residuais apresentarem, em suspensão, materiais mais pesados que a água e, consequentemente, naturalmente sedimentáveis, torna necessário que esses depósitos indesejáveis sejam controlados, evitando as consequentes reduções da secção útil e a abrasão das paredes internas dos coletores.

O dimensionamento dos coletores deve portanto garantir condições de escoamento que mantenham os coletores “limpos”, frequentemente designadas por condições de autolimpeza. Estas condições são traduzidas pelo esforço tangencial mínimo entre o líquido em escoamento e a superfície molhada. Este esforço é designado por Força trativa, “Ft”, e determina-se através da equação seguinte.

$$F_t = \gamma \cdot R_h \cdot \sin(\alpha) \xrightarrow{\text{em}^{\text{v}}\text{que}} \begin{cases} F_t \rightarrow \text{Força tractiva} \left( \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \right) \\ \gamma \rightarrow \text{Peso volúmico do efluente} \left( \frac{\text{N}}{\text{m}^3} \right) \\ R_h \rightarrow \text{Raio hidráulico (m)} \\ \alpha \rightarrow \text{ângulo de declive (rad)} \end{cases}$$

(Equação 6.9)

### Materiais das Tubagens e Câmaras de Visita

Os traçados de uma rede de drenagem em planta, são formados por troços consecutivamente descendentes de montante para jusante, em alinhamento reto, e interpostos por câmaras de visita. Os diâmetros da rede são obrigatoriamente crescentes de montante para jusante, não sendo regulamentar a diminuição de diâmetro, independentemente da capacidade de transporte do coletor, no troço em causa.

As câmaras de visita devem ser previstas nas cabeceiras das redes, e em mudanças de direção, de inclinação e de diâmetro dos coletores, bem como em alinhamentos retos com afastamentos iguais ou superiores a 60 m.

Os tubos e acessórios a instalar deverão resistir, com segurança, às pressões do terreno a que irão estar sujeitos, em função da sua profundidade.

O dimensionamento e as condições hidráulicas de funcionamento em regime permanente dos coletores de drenagem são apresentados em quadros semelhantes a Figura 6.24.

ÁGUAS DE COIMBRA, E.E.M.

Empreitada de Execução da Rede de Drenagem de Águas Residuais na Parte Sul da Freguesia de Torres do Mondego - Carvalhosas, Palheiros e Zorro

PROJECTO DE EXECUÇÃO

Anexo 1 - Estudos Populacionais e Caudais de Dimensionamento

Quadro 6 - Factores de Ponta, Caudais de Ponta e Caudais de Dimensionamento, para 2010 e 2050 (Ano Horizonte), por bacia de drenagem e por lugar

Zona a drenar / Lugar / Povoação	Bacia	Ponto de Entrega	População Residente e População Flutuante Residencial (PR+PFR)		Capitação para a População Residente e Flutuante Residencial		Factor de Ponta para População Residente e População Flutuante Residencial (fp - l/s)		Caudal de Ponta Instantâneo (Qp - l/s)		Caudal de Infiltração (Qinf l/s)	Caudal de Dimensionamento (Qdim - l/s)	
			2009	2015-2049	2010	2050	2010	2050	2010	2050		2010	2050
Zorro	Bacia A	EE Zorro 1 (A)	67	75	240	250	8.842	8.415	1.197	1.338	0.079	1.277	1.417
	Bacia B	EE Palheiros 1 (B)	270	305	240	250	5.150	4.938	2.782	3.133	0.317	3.100	3.450
Palheiros	Bacia C	EE Palheiros 2 (C)	164	184	240	250	6.192	5.918	2.110	2.369	0.200	2.310	2.569
	Bacia D	EE Carvalhosas 1 (D)	71	80	240	250	8.606	8.192	1.320	1.475	0.090	1.410	1.565
Carvalhosas	Bacia E	EE Carvalhosas 2 (E)	231	261	240	250	5.445	5.216	2.518	2.832	0.271	2.789	3.104
	Bacia F	EE Carvalhosas 3 (F)	209	236	240	250	5.646	5.404	2.392	2.690	0.249	2.641	2.938
	Bacia G	Interceptor de Carvalhosas	118	133	240	250	7.032	6.710	1.662	1.862	0.139	1.800	2.001
			<b>1130</b>	<b>1274</b>	<b>240</b>	<b>250</b>	<b>3.285</b>	<b>3.181</b>	<b>3.043</b>	<b>2.953</b>	<b>3.121</b>	<b>6.164</b>	<b>6.074</b>

ÁGUAS DE COIMBRA, E.E.M.

Empreitada de Execução da Rede de Drenagem de Águas Residuais na Parte Sul da Freguesia de Torres do Mondego - Carvalhosas, Palheiros e Zorro

PROJECTO DE EXECUÇÃO

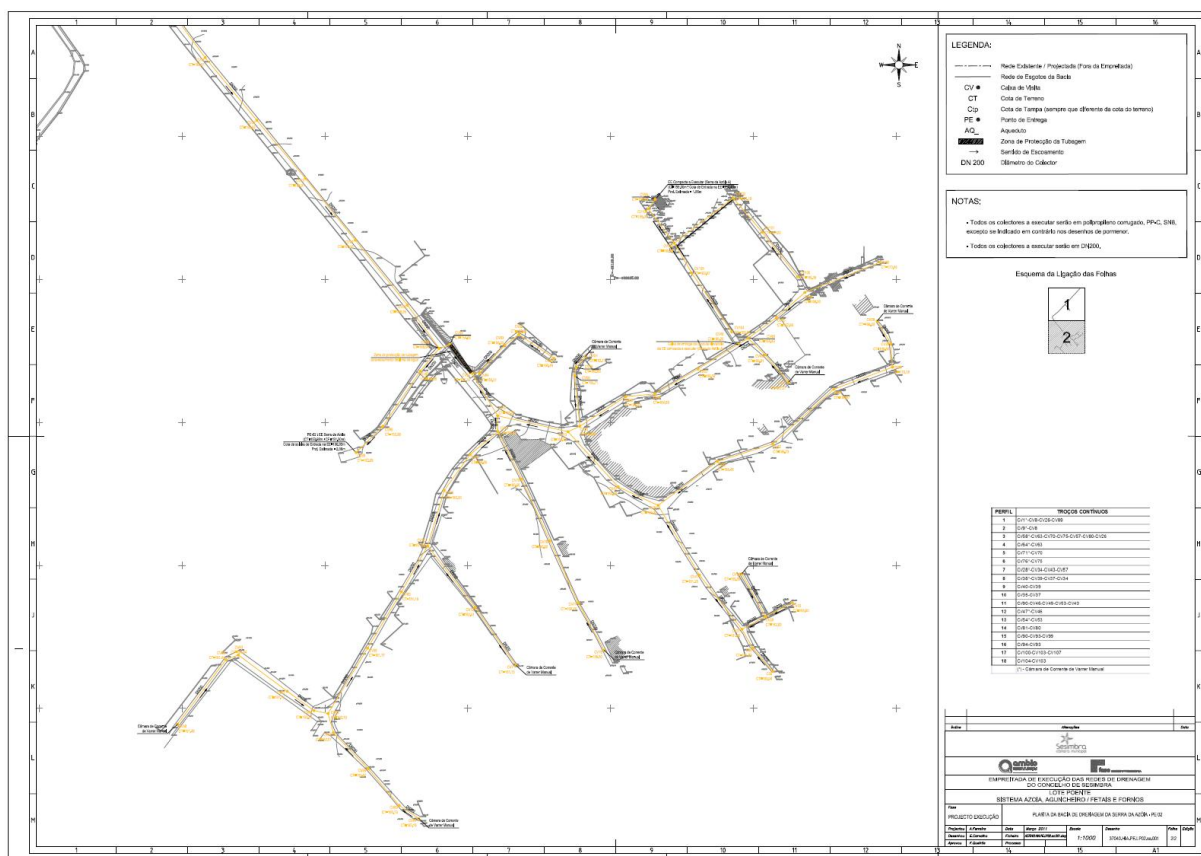
Anexo 2 - Dimensionamento Hidráulico de Colectores Gravíticos

Quadro 1.1 - Quadro de Cálculo da Bacia A (Simulação Caudais Gravíticos)

Perfil	Caixa de Montante	Caixa de Jusante	Cota de Soleira de Montante (m)	Cota de Soleira de Jusante (m)	Profundidade de Montante (m)	Profundidade de Jusante (m)	Distância entre caixas (m)	Caudal Efectivo (l/s)	Caudal de Cálculo (l/s)	Inclinação (mm/m)	Diâmetro Exterior (mm)	Diâmetro Interior (mm)	Caudal secção cheia (l/s)	K strickler	Altura Lâmina Líquida Y(m)	Y/D	Velocidade (m/s)	Força Tractiva (Nm2)
Para o Caudal de Cálculo																		
1	6	7	138.81	132.00	1.45	1.45	56.00	0.178	0.500	121.8	200	174.4	92.948	90	0.009	0.052	1.030	7.182
1	7	8	132.00	130.44	1.45	1.45	15.00	0.225	0.500	103.7	200	174.4	85.764	90	0.010	0.056	0.979	6.406
1	8	9	130.44	128.09	1.45	1.45	30.00	0.320	0.500	78.4	200	174.4	74.872	90	0.010	0.059	0.890	5.188
1	9	10	128.09	125.79	1.45	1.45	27.00	0.408	0.500	85.1	200	174.4	77.993	90	0.010	0.057	0.914	5.510
1	10	11	125.79	122.06	1.45	1.45	25.90	0.491	0.500	138.7	200	174.4	96.187	90	0.009	0.051	1.081	7.958
1	11	5	122.06	120.46	1.45	1.45	15.64	0.541	0.541	102.6	200	174.4	85.308	90	0.010	0.057	1.003	6.621
1	5	12	120.46	117.80	1.45	1.45	14.95	0.681	0.681	177.4	200	174.4	112.174	90	0.011	0.066	1.441	12.940
1	12	13	117.80	113.83	1.45	1.45	7.50	1.025	1.025	130.4	200	174.4	96.173	90	0.012	0.071	1.303	10.381
1	13	14	113.83	113.57	1.45	1.45	16.65	1.058	1.058	195.4	200	174.4	117.728	90	0.012	0.067	1.530	14.465
1	14	15	113.57	111.74	1.45	1.45	9.40	1.088	1.088	194.9	200	174.4	117.577	90	0.012	0.068	1.547	14.693
1	15	16	111.74	110.70	1.45	1.45	6.80	1.109	1.109	158.2	200	174.4	105.930	90	0.012	0.071	1.435	12.547
1	16	19	110.70	109.89	1.45	1.45	9.20	1.241	1.241	220.6	200	174.4	125.099	90	0.012	0.070	1.671	16.837
1	19	20	109.89	105.71	1.45	1.45	12.20	1.280	1.280	260.2	200	174.4	135.853	90	0.012	0.071	1.676	17.412
1	20	21	105.71	100.36	1.45	1.45	21.15	1.347	1.347	253.4	200	174.4	134.096	90	0.012	0.071	1.810	19.613
1	21	22	100.36	96.68	1.45	1.45	14.80	1.394	1.394	278.0	200	174.4	140.423	90	0.012	0.070	1.876	21.090
1	22	23	96.68	96.05	1.45	1.45	7.32	1.417	1.417	51.9	200	174.4	50.874	90	0.018	0.105	1.053	6.033
Para o Caudal de Cálculo																		
2	1	2	141.73	138.60	1.45	1.45	21.30	0.068	0.500	147.7	200	174.4	102.354	90	0.009	0.050	1.107	8.451
2	2	3	138.60	134.12	1.45	1.45	34.00	0.175	0.500	131.6	200	174.4	96.615	90	0.009	0.052	1.058	7.721
2	3	4	134.12	131.06	1.45	1.45	19.45	0.227	0.500	184.3	200	174.4	114.335	90	0.008	0.048	1.185	10.024
2	4	5	131.06	120.48	1.45	1.45	52.30	0.393	0.500	203.3	200	174.4	120.084	90	0.008	0.047	1.243	10.683
3	17	18	120.25	113.20	1.45	1.45	23.50	0.074	0.500	300.0	200	174.4	145.874	90	0.007	0.042	1.405	13.593
3	18	16	113.20	110.70	1.45	1.45	10.15	0.107	0.500	246.4	200	174.4	132.202	90	0.008	0.045	1.323	12.185

Figura 6.24 – Layout de um quadro de cálculo de um troço de rede de drenagem de águas residuais do “Projeto das Redes de Drenagem da Parte Sul da Freguesia de Torres do Mondego – Carvalhosas, Palheiros e Zorro (Fonte: FASE)”

Apresenta-se na Figura 6.25 o exemplo de um troço do traçado de uma rede de drenagem, planta e perfis, e na Figura 6.26 o *layout* de um pormenor tipo de câmaras de visita.



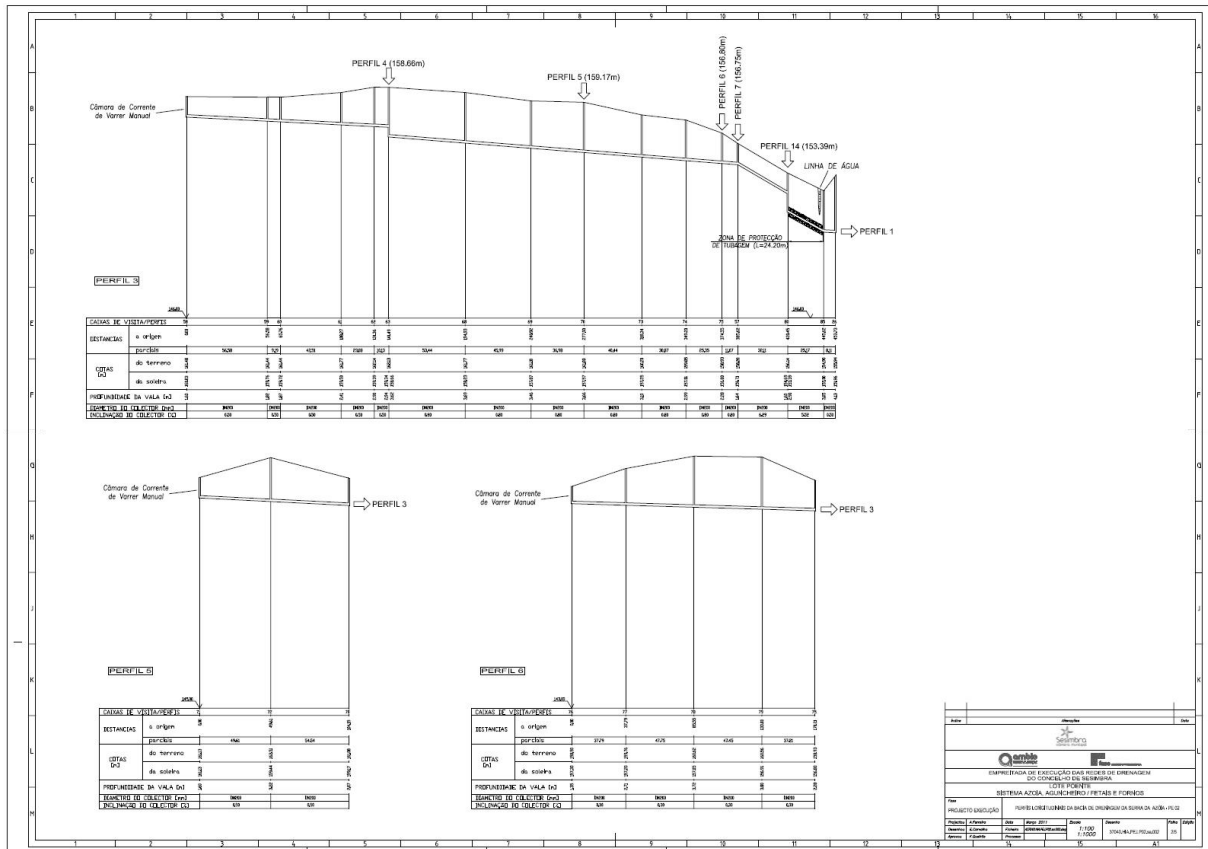


Figura 6.25 – Layout de um desenho de traçado – Planta e Perfis Longitudinais de uma rede de drenagem de águas residuais do Projeto “Redes de Drenagem do Concelho de Sesimbra – Lote Poente” (Fonte: FASE)

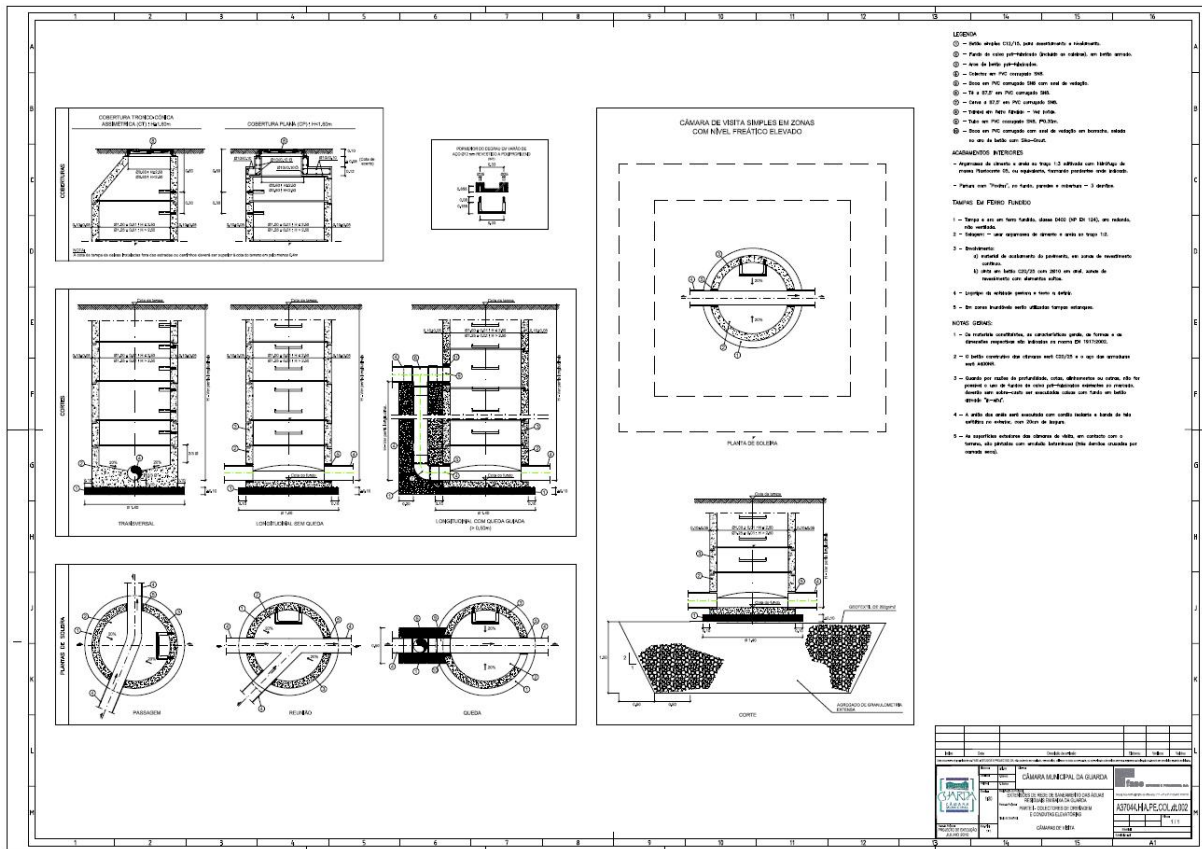


Figura 6.26 – Layout de um pormenor tipo de câmara de visita. (Fonte: FASE)

### 6.3.2.2. Sistemas Elevatórios

O processo de dimensionamento de um sistema elevatório de águas residuais é similar ao dimensionamento de uma EE de água potável.

Há no entanto alguns critérios complementares a serem considerados, que se prendem sobretudo com o facto de o esgoto apresentar partículas sólidas em suspensão, e com a sua própria agressividade.

Posto isto, os GEB devem ter capacidade para elevar sólidos, e todos os componentes do sistema devem ter proteção anticorrosiva, própria para resistir a águas residuais.

Em águas residuais são mais comuns GEB submersíveis, em que o arrefecimento do motor é assegurado pelo contacto com o esgoto.

De uma maneira geral, tratam-se de EE simples, muitas vezes sem GEB de reserva, em que o controlo é sempre feito em função dos níveis verificados no poço de bombagem.

Em caso de avaria do GEB, ou quando haja necessidade de colocar a EE fora de serviço, normalmente há a possibilidade de fazer uma descarga para a linha de água, através do circuito de descarga de emergência.

Apresenta-se na Figura 6.27, alguns layout alternativos.

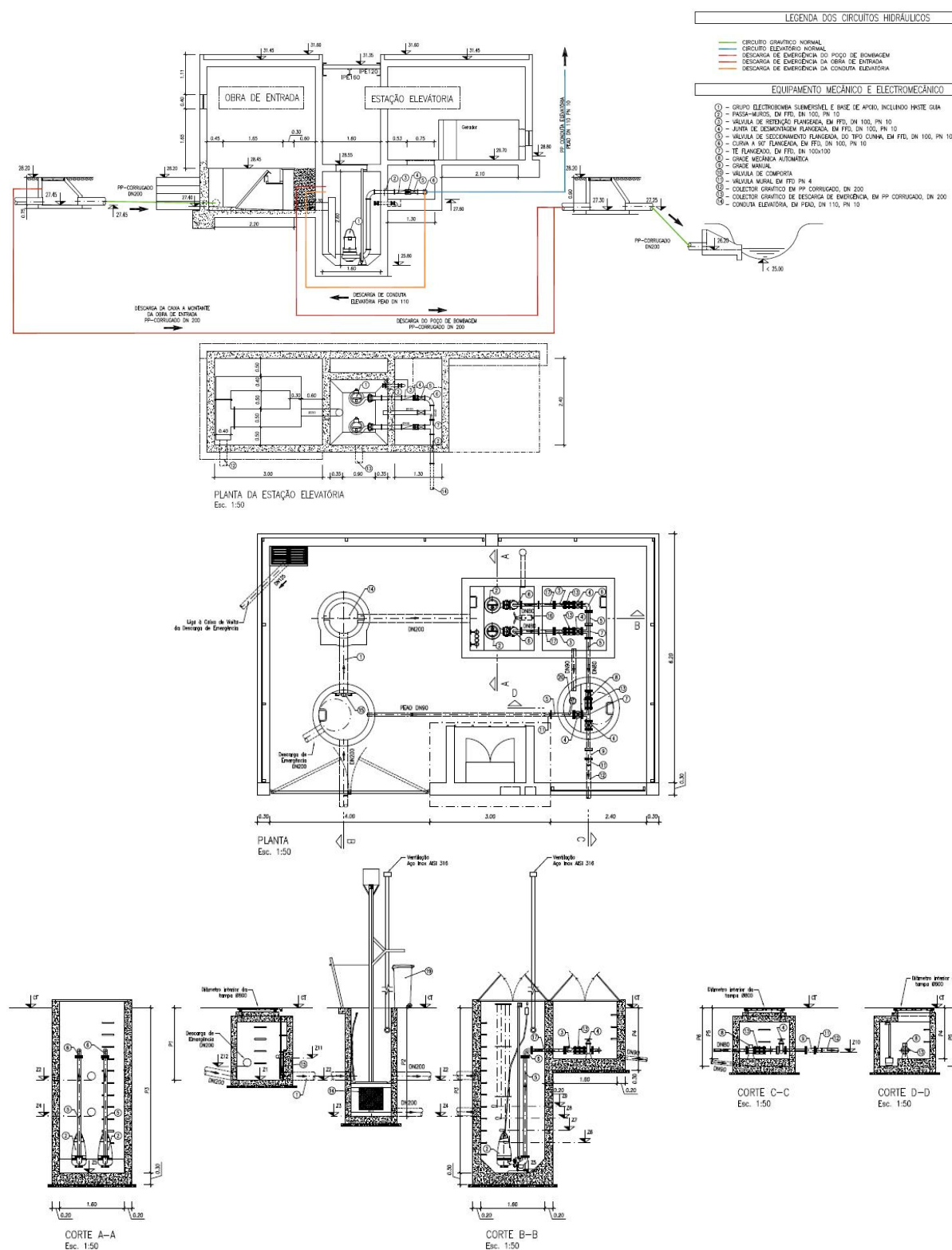
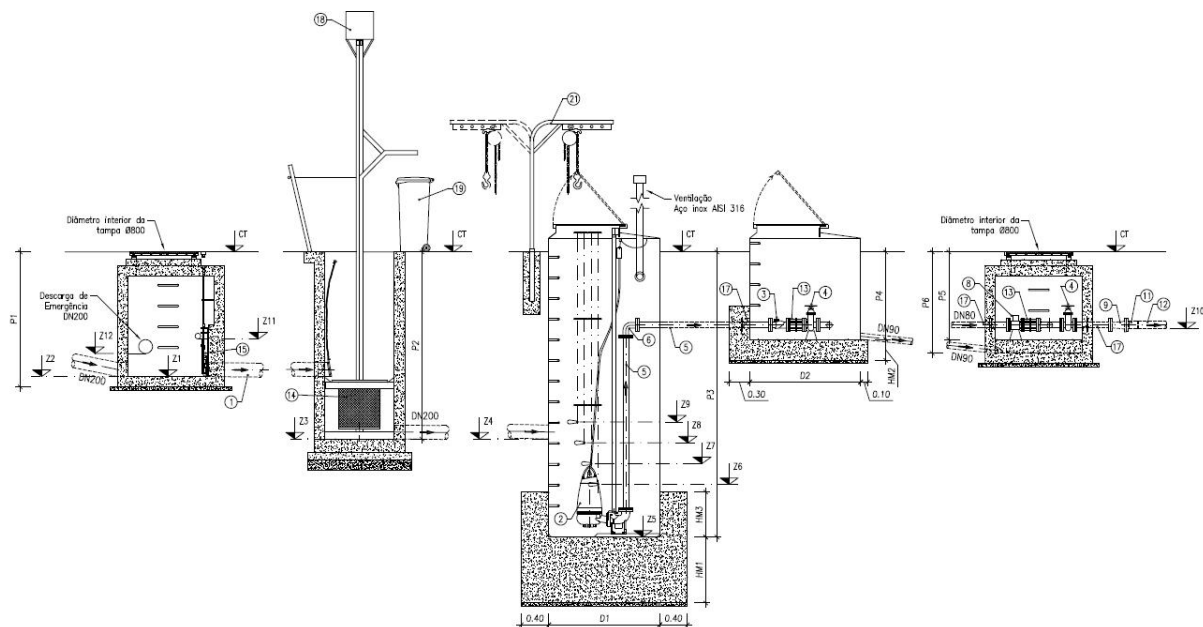


Figura 6.27 – *Layout* alternativos para vários tipos de estações elevatórias de águas residuais. Projectos variados desenvolvidos para diferentes clientes do Grupo AdP – SIMARSUL, AdZC, SIMRIA, etc. (Fonte: FASE)



Tendo-se já referido que o dimensionamento segue os mesmos pressupostos já explicitados, apresenta-se na Figura 6.28, o exemplo do dimensionamento e *layout* de uma EE do tipo compacto.



MEIXER SÓ NOS AMARELOS!!!											
Conduta Elevatória e Grupo Electrobomba	C=?	Aldeia do Bispo Lote 2		Apeadeiro de Benespera 1 Lote 2		Apeadeiro de Benespera 2 Lote 2		Quinta da Misericórdia 1 Lote 2		Quinta da Misericórdia 2 Lote 2	
		140	125	140	125	140	125	140	125	140	125
		Ano	Horizonte	Ano	Horizonte	Ano	Horizonte	Ano	Horizonte	Ano	Horizonte
Cota de destino	m	928.55	928.64	912.56	912.65	921.66	921.74	955.69	955.78	958.07	958.16
Cota do nível mínimo	m	911.65	911.65	914.30	914.30	955.28	955.28	955.28	955.28	957.80	957.80
Cota do nível máximo	m	912.45	912.45	914.10	914.10	955.98	955.98	955.98	955.98	958.40	958.40
Altura Geométrica Máxima	m	15	15.09	38.36	38.45	53.47	53.56	20.51	20.60	30.57	30.66
Altura Geométrica Mínima	m	14.1	14.19	37.46	37.55	52.57	52.66	19.61	19.7	29.67	29.76
Diâmetro Nominal	mm	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110
Diâmetro Interno	mm	98.2	98.2	98.2	98.2	98.2	98.2	98.2	98.2	98.2	98.2
Comprimento	m	171.63	171.63	460.16	460.16	812.12	812.12	659.39	659.39	2626.79	2626.79
Caudal Afluente	l/s	0.026	0.026	0.134	0.134	0.107	0.107	0.077	0.077	0.603	0.603
Caudal Bombado	l/s	5.50	5.50	5.50	5.50	5.50	5.50	5.50	5.50	5.50	5.50
Velocidade de Escoamento	m/s	0.757	0.757	0.757	0.757	0.757	0.757	0.757	0.757	0.757	0.757
Diâmetro Nominal do Circuito de Compressão Individual	mm	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80
Diâmetro Nominal do Circuito de Compressão Comum	mm	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80
Pêntia de Carga Localizada na Compressão Individual das Bombas (Leq=250DN)	m	0.331	0.408	0.331	0.408	0.331	0.408	0.331	0.408	0.331	0.408
Pêntia de Carga Localizada na Compressão Comum das Bombas (Leq=200DN)	m	0.265	0.326	0.265	0.326	0.265	0.326	0.265	0.326	0.265	0.326
Pêntia de Carga Distribuída (C=???)	m	1.150	1.168	3.099	4.204	5.470	7.420	4.441	6.025	17.018	23.086
Pêntia de Carga Total	m	1.751	2.302	3.694	4.938	6.095	8.154	5.036	6.759	17.613	23.820
Altura Manométrica Máxima	m	16.75	17.39	42.05	43.50	56.53	61.71	25.55	27.36	48.18	54.48
Altura Manométrica Mínima	m	15.85	16.49	41.15	42.49	55.63	60.81	24.65	26.46	47.28	53.58
Rendimento	%	30.00%	30.00%	23.00%	23.00%	18.00%	18.00%	27.00%	27.00%	21.00%	21.00%
Potência	Cv	3.9	4.3	15.1	13.9	24.3	25.1	6.7	7.4	16.5	15.7
Folga de potência	%	15.00%	15.00%	15.00%	15.00%	15.00%	15.00%	15.00%	15.00%	15.00%	15.00%
Potência Final	Cv	4.5	4.9	16.1	15.9	27.9	28.9	7.7	8.5	19.0	17.9
Potência Nominal	Cv	5.5	5.5	20	20	30	30	10	10	25	25

Conduta Elevatória e Grupo Electrobomba	Abv.										
Cota do Terreno (implantação da EE)	CT	914.85		577.30		572.50		568.50		482.00	
		Rede "em baixa" existente		Cx 137, Perfil 7, Apeadeiro de Benespera		Cx 15, Perfil 1, Apeadeiro de Benespera		Cx 38, Perfil 4, Quinta da Misericórdia		Rede "em baixa" existente	
Ponto de Entrega											
Cota de Fundo da Câmara de Entrada	Z1	913.25		575.90		569.88		566.88		479.20	
Cota de Entrada na Câmara de Gradagem	Z2	913.20		575.85		569.83		566.83		479.15	
Cota de Fundo da Câmara de Gradagem	Z3	912.60		575.25		569.23		566.23		478.55	
Cota de Entrada no Póço de Bombagem	Z4	912.55		575.20		569.18		566.18		478.50	
Cota de Fundo do Póço de Bombagem	Z5	910.95		573.60		567.58		564.58		476.90	
Cota do nível Mínimo de Alarma	Z6	911.65		574.30		568.28		565.28		477.60	
Cota do nível Mínimo	Z7	911.80		574.45		568.43		565.43		477.75	
Cota do nível Máximo	Z8	912.30		574.95		568.93		565.93		478.25	
Cota do nível Máximo de Alarma	Z9	912.45		575.10		569.08		566.08		478.40	
Cota de Saída da Conduta Elevatória	Z10	913.85		576.39		570.30		567.40		479.60	
Cota da descarga da CE na Câmara de Entrada	Z11	913.65		576.30		570.28		567.28		479.60	
Cota de Descarga de Emergência da Câmara de Entrada	Z12	913.45		576.10		570.08		567.08		479.40	
Profundidade da Câmara de Entrada	P1	1.60	1.60	1.60	2.62	2.65	1.62	1.65	2.80	2.80	3.60
Profundidade da Câmara de Gradagem	P2	2.25	2.25	2.25	3.27	3.30	2.27	2.30	3.45	3.45	4.34
Profundidade do Póço de Bombagem	P3	3.90	3.90	3.90	4.92	4.90	3.92	3.90	5.20	5.20	6.00
Profundidade da Câmara de Válvulas	P4	1.30	1.30	1.41	1.40	2.50	2.50	1.40	1.40	2.70	2.29
Profundidade da Câmara do Medidor de Caudal	P5	1.30	1.30	1.41	1.40	2.50	2.50	1.40	1.40	2.70	2.29
Profundidade da Descarga da Câmara do Medidor de Caudal	P6	1.60	1.60	1.71	1.70	2.80	2.80	1.70	1.70	3.00	2.59

Figura 6.28 – Quadro de cálculo, quadro de características e *layout* associado para uma EE do tipo compacto. "Projeto das Redes de Drenagem do Concelho de Sesimbra - Lote Poente" (Fonte: Consórcio AMBIO/FASE)

Em termos de dimensionamento, um aspeto novo e específico apenas para elevação de águas residuais é a noção de tempo de retenção. Esta noção prende-se essencialmente com a necessidade de arejamento do esgoto por forma a que entre em putrefação.



Assim, o sistema elevatório deve ter uma configuração tal, que o esgoto não fique retido / parado por um período superior ao tempo de retenção regulamentar.

### Instalações complementares

Em sistemas elevatórios de águas residuais, a instalações complementares mais comuns são, órgãos de gradagem e pontualmente tratamento preliminar, instalados a montante, com o objetivo de diminuir a concentração de Sólidos Suspensos Totais (SST), removendo os sólidos de grandes dimensões, areias e gorduras.

Para tal, as instalações preconizadas são:

- Cestos de gradagem, em EE compactas e EE com profundidades elevadas;
- Grades mecânicas ou manuais, aplicáveis a qualquer tipo de EE;
- Desarenadores e/ou desengorduradores, normalmente apenas em EE de dimensões consideráveis.

Para promover a homogeneização e algum arejamento do esgoto e evitar a formação de uma camada densa de gordura, devem ser instalados agitadores.

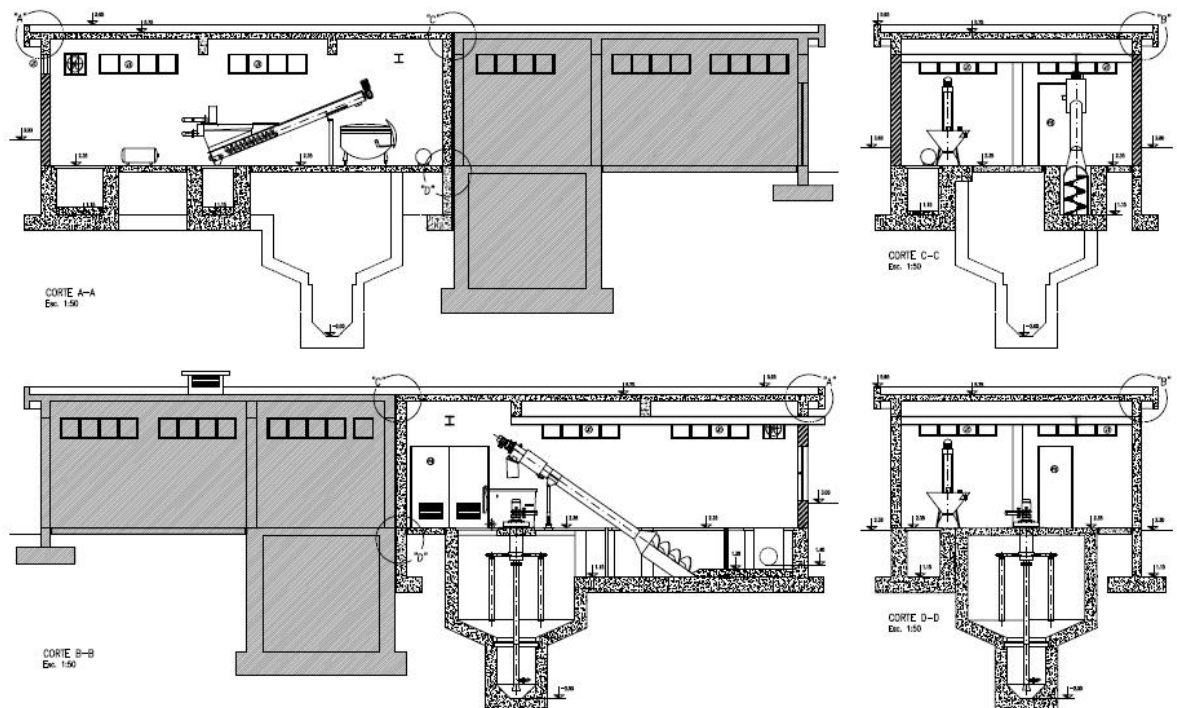


Figura 6.29 – Exemplo de um *layout* de uma instalação de pré-tratamento. “Projeto de Remodelação da EE IS11. Obra de Entrada” (Fonte: FASE)



## 7 REFLEXÃO CRÍTICA

É opinião geral do meio académico e profissional que o curso de Engenharia Civil ministrado pela Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto é uma formação profissional técnico-científica bastante sólida, e adequada ao contexto profissional que se vive tanto no nosso país como no estrangeiro. Opinião essa corroborada pela autora.

O plano de estudos frequentado, abrangente e pluridisciplinar, tem-se revelado adequado ao desenrolar da atividades profissional, contribuindo com uma base sólida de conhecimentos, e constituindo uma ferramenta de grande valor para dar resposta às adversidades profissionais por vezes enfrentadas ao longo destes nove anos.

Referindo particularmente o curriculum da opção condicionada de hidráulica, pode afirmar-se que este garantiu as melhores bases ao desenvolvimento da carreira profissional da autora, permitindo-lhe atravessar uma época em que se verificam grandes dificuldades na área da engenharia, em contínua atividades profissional, e sempre a desenvolver trabalho de projeto nesta área, tanto para Portugal como para o estrangeiro.

Considera-se ainda, que só uma formação efetivamente de grande qualidade, pôde garantir que a autora fosse incluída no seio de equipas de grande valor técnico, ao lado de profissionais reconhecidos, como Novais Barbosa, João Fonseca, Costa Miranda, Lopes Coelho ou Pedro Serra. Colegas esses, que muito contribuíram para a sua evolução pessoal e profissional, e a quem tem imenso a agradecer.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Joaquim José de Oliveira Sousa, José Alfeu Almeida de Sá Marques. *Hidráulica Urbana – Sistemas de Abastecimento de Água e de Drenagem de Águas Residuais*. Imprensa da Universidade de Coimbra, Coimbra, 2013.
- [2] António Carvalho Quintela. *Hidráulica*. Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa, ano.
- [3] Cengel e Cimbala. *Mecânica dos Fluidos – Fundamentos e Aplicações*. McGraw Hill, 2007.
- [4] José Novais Barbosa. *Mecânica de Fluidos e Hidráulica Geral*. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 1985.
- [5] Daniel Coelho Maria. *Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais*. Publisher Team, 2006.
- [6] Ministério da Habitação e Obras Públicas. *Manual de Saneamento Básico (MSI) – Abastecimento de Água e Esgotos, Tomo I*. Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa, 1981.
- [7] Direção Geral dos Recursos Naturais. *Manual de Saneamento Básico (MSII) – Elementos Gerais, Tomo II*. Direção Geral dos Recursos Naturais, Lisboa, 1991.
- [8] Helena Alegre, Dídia Covas. *Guia Técnico nº 16: Gestão patrimonial de Infraestruturas de abastecimento de água: Uma abordagem centrada na reabilitação*. ERSAR, Lisboa, 2010.
- [9] Maria do Céu Almeida, Maria Adriana Cardos. *Guia Técnico nº 17: Gestão patrimonial de Infraestruturas de águas residuais e pluviais: Uma abordagem centrada na reabilitação*. ERSAR, Lisboa, 2010.
- [10] *Decreto-Regulamentar 25/95 de 23 de Agosto – Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais*. Diário da República 194/95 – I série-B. Ministério das Obras Públicas, Transportes e Comunicações, Lisboa, 1995.
- [11] *Portaria n.º 701-H/2008 de 29 de Julho – Código dos Contratos Públicos (CCP)*. Diário da República 145/2008 – 1.ª série. Ministério das Obras Públicas, Transportes e Comunicações, Lisboa, 2008.
- [12] Margarida Castelo Branco, Ana Coito. *Servidões e Restrições de Utilidade Pública (SRUP)*. Direcção-Geral do Ordenamento do Território e Desenvolvimento Urbano, Lisboa, 2011.
- [13] *Planos Directores para a criação dos Sistemas Multimunicipais de Baixa de Abastecimento de Água e de Saneamento de Águas Residuais do Norte, Centro e Sul – Critérios de Conceção de Soluções e Estimativa de Investimentos e Custos Operacionais*. AdP – Águas de Portugal, SGPS, SA, Lisboa, 2008.
- [14] Júlio Ferreira da Silva. *Caracterização, Modelação, Previsão e Projectação de Utilizações de Água; Benefícios e custos associados às utilizações de Água; Dimensionamento otimizado de sistemas adutores gravíticos; Dimensionamento Otimizado de Sistemas Elevatórios de Água*. Documentação de Apoio da Disciplina de Gestão de Infraestruturas de Águas e Resíduos, Universidade do Minho, Guimarães, 2010.
- [15] Ana Lúcia Ferreira. *Otimização da Conceção e Gestão de Infraestruturas de Abastecimento de Água e Drenagem de Águas Residuais*. Trabalho desenvolvido no âmbito da Disciplina de Gestão de Infraestruturas de Águas e Resíduos, Universidade do Minho, Guimarães, 2011.
- [16] Eduardo Ribeiro de Sousa. *Sistemas de Abastecimento de Água – Constituição e Bases Quantitativas de Dimensionamento; Reservatórios; Sistemas de Distribuição de Água*.

Documentação de Apoio da Disciplina de Saneamento Ambiental, Instituto Superior Técnico, Lisboa, 2011.

- [17] Rita Andreia Lopes Maurício. *Análise Crítica do Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais*. Dissertação de Mestrado, Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, 2014.
- [18] Tomás Velez Grilo. *Técnicas de Reabilitação de Sistemas de Abastecimento de Água - Metodologia conceptual e aplicação a casos de estudo*. Dissertação de Mestrado, Instituto Superior Técnico, 2007.
- [19] João José Campino de Carvalho. *Dimensionamento de Conduitas Enterradas*. Dissertação de Mestrado, Instituto Superior Técnico, 2010.
- [20] Ana Luísa Saraiva Guerra. *Relatório de Avaliação Profissional - Obtenção do Grau de Mestre em Tecnologia Ambiental por Licenciados "Pré-Bolonha"*. Dissertação de Mestrado, Instituto Politécnico de Setúbal, 2013.
- [21] Inês Domingues Carvalho. *Relatório de Atividade Profissional*. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2014.
- [22] E.Orsi, U. Sanfilippo. *Uncertainty in experimental evaluation of ChezyStrickler-Manning and Colebrook-white roughness – Coeficient in circular pipes*. DIAR Politecnico di Milano, Milão.
- [23] [http://issuu.com/joanadecastrocortesao/docs/infraestruturas\\_de\\_saneamento](http://issuu.com/joanadecastrocortesao/docs/infraestruturas_de_saneamento), visitado em 23/03/15
- [24] <https://victoruneb.files.wordpress.com/2013/02/principais-etapas-de-um-projeto-de-engenharia-de-estradas.pdf>, visitado em 7/04/15
- [25] [http://www.icjp.pt/sites/default/files/media/texto\\_manuel\\_pereira\\_augusto\\_de\\_matos.pdf](http://www.icjp.pt/sites/default/files/media/texto_manuel_pereira_augusto_de_matos.pdf), visitado em 7/04/15
- [26] <http://www.aguasdafigueira.pt/esp%C3%A7o-jovem/direitos-da-%C3%A1gua/declaracao-universal-dos-direitos-da-agua/>, visitado em 17/05/15
- [27] <http://www.tecnicasderegadio.info/index.php/principios-de-hidraulica/cap8-estacoes-elevatorias>, visitado em 17/05/15
- [28] <http://slideplayer.com.br/slide/361613/>, visitado em 6/06/15